

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001 年 3 月 15 日 (15.03.2001)

PCT

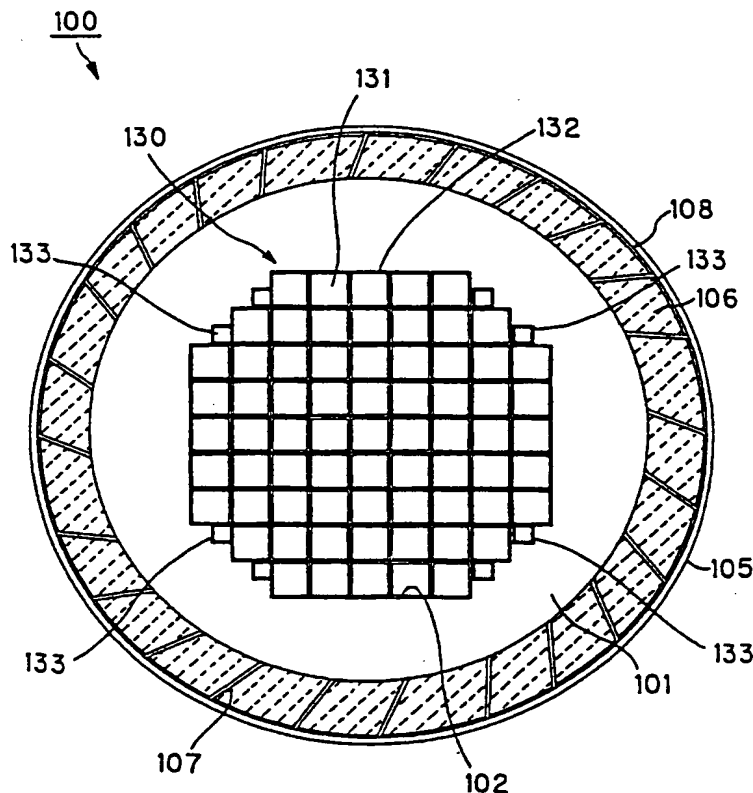
(10) 国際公開番号
WO 01/18823 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G21F 5/00, G21C 19/06, 19/32 LTD.) [JP/JP]; 〒100-8315 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/05980
- (22) 国際出願日: 2000 年 9 月 4 日 (04.09.2000)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願平11/249314 1999 年 9 月 2 日 (02.09.1999) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒100-8315 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大園勝成 (OHSONO, Katunari) [JP/JP]. 上 弘一 (UE, Kouiti) [JP/JP]. 松岡寿浩 (MATSUOKA, Toshihiro) [JP/JP]; 〒652-8585 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社 神戸造船所内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 酒井宏明, 外 (SAKAI, Hiroaki et al.); 〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関三丁目2番6号 東京倶楽部ビルディング Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): KR, US.

[続葉有]

(54) Title: CASK

(54) 発明の名称: キャスク



(57) Abstract: Resin (106) for shielding neutrons is provided on the outer periphery of a main body (101) for shielding γ -rays. A basket (130) comprises a plurality of square pipes (132) having a neutron absorbing power. The inside of a cavity (102) of the main body (101) is worked into a shape in conformity with the outer shape of the basket (130), and the square pipes (132) are inserted so as to contact the inner surface thereof. Spent nuclear fuel assemblies are placed and stored in lattice-form cells (131) consisting of square pipes (132). Decay heat generated from spent nuclear fuel assemblies can be handled with an improved heat-conducting efficiency because the outer surfaces of the square pipes (132) are in direct contact with the inner surface of the cavity (102).



WO 01/18823 A1

[続葉有]



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約:

γ 線の遮蔽を行う胴本体(101)の外周には、中性子の遮蔽を行うレジン(106)が設けられている。バスケット(130)は、中性子吸収能を有する複数の角パイプ(132)から構成されている。胴本体(101)のキャビティ(102)内は、バスケット(130)の外形に合わせた形状に加工され、この内面に接するように前記角パイプ(132)が挿入されている。使用済み核燃料集合体は、角パイプ(132)から構成した格子状のセル(131)内に収容・貯蔵される。使用済み核燃料集合体から発生する崩壊熱は、角パイプ(132)の外面とキャビティ(102)の内面とが直接接しているので、熱伝導効率が向上する。

明 細 書

キャスク

5 技術分野

この発明は、燃焼を終えた使用済み核燃料集合体を収容、貯蔵するものであって、熱伝導効率を向上すること、使用済み核燃料集合体の収容数を増加すること、コンパクト化あるいは軽量化することのできるキャスクに関する。

10 背景技術

核燃料サイクルの終期にあって燃焼を終え使用できなくなった核燃料集合体を、使用済み核燃料という。使用済み核燃料は、F P など高放射能物質を含むので熱的に冷却する必要があるから、原子力発電所の冷却ピットで所定期間（3～6 ヶ月間）冷却される。その後、遮蔽容器であるキャスクに収納され、トラック等で再処理施設に搬送、貯蔵される。使用済み核燃料集合体をキャスク内に収容するにあたっては、バスケットと称する格子状断面を有する保持要素を用いる。当該使用済み核燃料集合体は、当該バスケットに形成した複数の収納空間であるセルに1体ずつ挿入され、これにより、輸送中の振動などに対する適切な保持力を確保している。

20 このようなキャスクの従来例としては、「原子力e y e」（平成10年4月1日発行：日刊工業出版プロダクション）や特開昭62-242725号公報などにて様々な種類のものが開示されている。以下に本発明の開発にあたり、その前提となったキャスクについて説明する。なお、当該キャスクは、説明の便宜のために示すものであり、いわゆる公知、公用に該当するものではない。

25 第19図は、キャスクの一例を示す斜視図である。第20図は、第19図に示したキャスクの軸方向断面図である。キャスク500は、筒形状の胴本体501と、胴本体501の外周に設けた中性子遮蔽体であるレジン502と、その外筒

5 0 3、底部5 0 4および蓋部5 0 5から構成されている。胴本体5 0 1および
底部5 0 4は、 γ 線遮蔽体である炭素鋼製の鍛造品である。また、蓋部5 0 5は
、ステンレス鋼製の一次蓋5 0 6および二次蓋5 0 7からなる。胴本体5 0 1
と底部5 0 4は、突き合わせ溶接により結合してある。一次蓋5 0 6および二次
5 蓋5 0 7は、胴本体5 0 1に対してステンレス製のボルトにより固定されてい
る。蓋部5 0 5と胴本体5 0 1との間には、金属製のOリングが介在し、内部の
気密を保持している。

胴本体5 0 1と外筒5 0 3との間には、熱伝導を行う複数の内部フィン5 0 8
が設けられている。内部フィン5 0 8は、熱伝導効率を高めるためその材料には
10 銅を用いる。レジン5 0 2は、この内部フィン5 0 8により形成される空間に流
動状態で注入され、冷却することで固化形成する。バスケット5 0 9は、6 9本
の角パイプ5 1 0を第1 9図のような束状に集合させた構造であり、胴本体5 0
1のキャビティ5 1 1内に拘束状態で挿入してある。

当該角パイプ5 1 0は、挿入した使用済み核燃料集合体が臨界に達しないよう
15 に中性子吸収材（ホウ素：B）を混合したアルミニウム合金からなる。なお、キ
ャスク本体5 1 2の両側には、キャスク5 0 0を吊り下げるためのトラニオン5
1 3が設けられている（一方は省略）。また、キャスク本体5 1 2の両端部には
、内部に緩衝材として木材などを組み込んだ緩衝体5 1 4が取り付けられている
（一方は省略）。

20 ところで、実際に上記キャスク5 0 0を製作する場合には、通常、使用済み核
燃料集合体の収容数、寸法および重量などの設計条件について検討する必要があ
る。具体的には、その収容数が多いうえ、外径が小さく、重量の軽いキャスクが
好ましいものといえる。ところが、上記キャスク5 0 0の構成によればキャビテ
ィ5 1 1内面に対して最外周の角パイプ5 1 0で線接触することになるから、バ
25 スケット5 0 9とキャビティ5 1 1の間に空間領域Sが生じ、セル5 1 5から胴
本体5 0 1への熱伝導が効率的に行えない。また、空間領域Sの存在により胴本
体5 0 1の径が大きくなってしまうためキャスク5 0 0が重くなってしまう。

これに対し、キャスク外部に漏れる放射線量は、中性子および γ 線の総量で規制されているから、キャスク500の軽量化を図るには胴本体501の厚さを小さくすればよいことになる。しかし、 γ 線遮蔽体でもあるから、胴本体501側に、 γ 線遮蔽機能を確保するだけの厚さが要求されることになる。また、上記キャスク500では、従来にない69個の燃料集合体を収容可能にしているが、所定重量に納めるため当該構成で胴本体501の径を小さくすると、使用済み核燃料集合体の収容数が少なくなってしまう。

従って、この発明は、熱伝導効率を向上すること、使用済み核燃料集合体の収容数を増加すること、コンパクト化あるいは軽量化すること、のいずれかの条件を満たすキャスクを提供することを目的としている。

発明の開示

本発明にかかるキャスクは、外周に中性子遮蔽体を有し且つ γ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、中性子吸収能を有する複数の角パイプをキャビティ内に挿入した状態で当該角パイプにより構成される角断面形状のバスケットの外形に合わせた形状にし、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたものである。

使用済み核燃料集合体は、放射線が発生すると共に崩壊熱を伴う。この使用済み核燃料集合体は、角パイプから構成したバスケットのセル内に収容することになるが、ここで、胴本体のキャビティ内をバスケットの外形に合わせた角断面形状にすることで、当該バスケットをキャビティ内に挿入した場合に外側の角パイプがキャビティ内面に面接触することになる。また、キャビティ内の形状をバスケットの外形に合わせたことで、角パイプとキャビティとの間に空間領域が生じない。このため、前記崩壊熱はバスケットから胴本体へと効率的に伝導する。

また、キャビティ内の空間領域をなくしたことにより、胴本体の外径を小さくすることができる。反対に、胴本体の外径を、第19図に示したような胴本体と同じくした場合、より多くの角パイプを挿入することが可能になる。なお、前記

角パイプは中性子吸収機能を有するから、使用済み核燃料集合体を収納した場合でも臨界に達することはない。また、使用済み核燃料集合体から発生した γ 線は胴本体により遮蔽されると共に、中性子は中性子遮蔽体により遮蔽される。

5 つぎの発明にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、前記キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたものである。このように、キャビティ内の全てをバスケットの外形に合わせる必要はなく、その一部を合わせることによっても、上記発明にかかるキャスクと同質の作用、効果を得ることができる。

10 すなわち、キャビティ内の一部をバスケットの外形に合わせることで、キャビティ内面と角パイプとの接触面積を確保できると共にキャビティ内の空間領域を小さくすることができる。このため、熱伝導を効率的に行うことができるようになる。また、空間領域を縮小した分、胴本体の外径を小さくすることができ、反対に胴本体の外径をそのままにすることで、使用済み核燃料集合体の収容数を増加させることができる。

15 つぎの発明にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、外周に中性子遮蔽体を有し且つ γ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内面、および、中性子吸収機能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットの外表面、の一方を他方の形状に合わせることで両接触状態にし、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたものである。

20 バスケットのセル内に収容した使用済み核燃料集合体は放射線と共に崩壊熱を伴い、この崩壊熱はセルを通じてバスケット外表面に到達する。バスケット外表面とキャビティ内面とはその一方が他方の形状に合わせた接触状態にあるので、崩壊熱はバスケットから胴本体に効率的に伝導し、外部に放出される。また、キャビティ内面をバスケット外表面に合わせた形状とすることで、キャビティ内の空間領域がなくなるから、胴本体の外径を小さくすることができる。一方、バスケット外表面をキャビティ内面の形状に合わせることで、より多くの角パイプを挿入

することが可能になる。

ここで、バスケット外面とキャビティ内面の一方を他方に合わせる場合、たとえばキャビティ内面をバスケット外面の形状に合わせて平面加工するようにしてもよいし、バスケット外面をキャビティ内面の形状に合わせ、外周のセルを成形
5 するようにしてもよい。なお、上記接触状態とは、完全かつ常時、キャビティ内面とバスケット外面とが接触している必要はなく、僅かな隙間が存在したり一時的に接触が解かれる場合があることを含むものとする。

つぎの発明にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を
10 当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記角パイプに接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入したものである。

キャスク内をバスケットの外形に合わせた形状にした場合、胴本体の厚さが不均一になるが、胴本体は γ 線を遮蔽するものであって所定厚が確保できればそれ
15 以外の厚み部分はキャスクの重量を増加させる原因となる。そこで、このキャスクではキャビティ内であって厚さに余裕がある部分にダミーパイプに合わせた形状を設け、当該ダミーパイプを挿入することで軽量化を図るようにしている。

また、角パイプに接する状態で挿入するので、角パイプと胴本体との伝熱の媒介役を果たすと共に当該角パイプ同士を押し付けて接触させる機能を持つ。これ
20 により、角パイプ間の伝熱効率が向上することができる。なお、ダミーパイプの形状および個数は、必要により適宜選択する。また、角パイプに接する状態とは、上記同様に完全かつ常時接している必要はないことを意味するものとする。

つぎの発明にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに、前記胴本体の外側であって当該胴本体の厚さが薄くなる部分に、 γ 線を遮蔽する補助遮蔽体を設けたものである。

たとえばキャビティ内をバスケットの外形に合わせた形状にした場合、バスケットの角部分で胴本体の厚さが薄くなるから、その部分で γ 線の遮蔽能力が低下
25 する。そこで、当該部分に補助遮蔽体を設けることで、 γ 線の遮蔽能力を強化す

るようにした。また、補助遮蔽体は胴本体の外側に設けられるが、その位置は胴本体の外面に接するように設けてもよいし、あるいは胴本体の外面から少し離し、前記中性子遮蔽体に埋設するようにしてもよい。なお、補助遮蔽体の材料は、胴本体と同じものであっても、 γ 線遮蔽能力を有するならば異なるものであってもよい。

つぎの発明にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、外周に中性子遮蔽体を有し且つ γ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティと、中性子吸収機能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットと、の間にスペーサを設け、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにした。

キャビティ内が円筒形状の胴本体（第16図参照）にバスケットを挿入した場合、バスケットとキャビティとが線接触することになり、かつ、キャビティ内に空間領域が生じることから、使用済み核燃料集合体の崩壊熱がセルから胴本体に伝導しにくくなる。そこで、キャビティとバスケットの間にスペーサを挿入することで空間領域をなくすと共に実質的な接触面積を増やすことで、当該スペーサを介して熱伝導を行うようにした。

このスペーサには、胴本体と同じ材料により成形した断面蒲鉾状のものや、セルと同じ材料を用いて押出し又はプレス成形した中空状のものを用いることができる。また、キャビティとバスケットの全ての間にスペーサを設けるようにしてもよいし、必要な部分のみにスペーサを設けるようにしてもよい。このような構成にすれば、セルから胴本体への熱伝導効率が向上する。

つぎの発明にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに、前記バスケットを構成する角パイプのうちの複数を、キャビティ挿入前から一体化しておくものである。前記キャビティ内に角パイプを1本ずつ挿入するようにするとキャスクの組立作業が面倒になるし、角パイプ間に存在する接触界面が熱伝導効率の向上の妨げになる。そこで、バスケットを構成する角パイプのうちの複数を一体化するようにした。このようにすれば、キャビティ内への挿入をまとめて行える

から組立作業が簡単になるし、接触界面が存在しないから熱伝導効率がさらに向上する。

5 つぎの発明にかかるキャスクは、構造材に中性子吸収材を添加した複数の角パイプを束にすることで、使用済み核燃料集合体を収容する複数の格子状セルを形成したバスケットと、 γ 線遮蔽材からなる鍛造品であって円筒形状のキャビティ内を、前記角パイプから構成したバスケット外形に合わせて平面加工した胴本体と、胴本体と外筒との間に渡した内部フィンを複数有すると共に胴本体、外筒および内部フィンにより形成する空間に充填した中性子を遮蔽する中性子遮蔽体とを備え、前記キャビティ内に前記角パイプを順次挿入してバスケットを構成した
10 際、当該バスケット外面がキャビティ内面に接するようにしたものである。

セル内に収容した使用済み核燃料集合体からは、放射線と共に崩壊熱が発生する。この崩壊熱は、当該セルから隣接するセルを通じてバスケットの外面に到達する。ここでキャスク内がバスケットの外形に合わせて平面加工してあり、当該バスケットの外面がキャビティ内面に接しているから、前記崩壊熱は効率的に胴
15 本体に伝導することになる。胴本体に伝導した崩壊熱は、主に内部フィンを通じて外筒から放熱される。一方、使用済み核燃料集合体から発生する中性子は、角パイプに添加した中性子吸収材、たとえばボロンなどにより吸収され臨界に達するのを防止する。また、 γ 線は胴本体にて遮蔽され、中性子は中性子遮蔽体によって遮蔽される。

20 また、バスケットの外面をキャビティ内面に接するようにすることで、上記第16図に示したような空間領域をなくすることができる。このため、胴本体の外径を小さくすることができる。反対に、胴本体の外形を同図に示すものと同じにした場合、より多くの角パイプを挿入することが可能になる。

25 つぎの発明にかかるキャスクは、外周に中性子遮蔽体を有し且つ γ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、中性子吸収能を有する複数の板状体を直交して交互に組み合わせることで格子状をした角断面形状のバスケットの外形に合わせた形状にし、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料

集合体を収容して貯蔵するようにしたものである。

上記同様、キャビティ内の空間領域をなくしたことにより、胴本体の外径を小さくすることができる。反対に、胴本体の外径を、第19図に示したような胴本体と同じくした場合、より多くの角パイプを挿入することが可能になる。また、
5 前記角パイプは中性子吸収機能を有するから、使用済み核燃料集合体を収納した場合でも臨界に達することはない。

つぎの発明にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、前記キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたものである。このように、キャビティ内の全てをバスケットの外形に合わせる必要はなく、その一部を合わせる
10 ことによって、上記請求の範囲第9項にかかるキャスクと同質の作用、効果を得ることができる。

つぎの発明にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記板状体に接する
15 状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入したものである。

ダミーパイプは、板状体に接する状態で挿入することで、バスケットと胴本体との伝熱の媒介役を果たす。これにより、バスケットから胴本体に対する伝熱効率が向上する。なお、板状体に接する状態とは、上記同様に完全かつ常時、接している必要はないことを意味するものとする。

つぎの発明にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに前記板状体を組み合わせてバスケットを構成したときに、当該バスケットの外周に位置する板状体の端部にキャビティ壁面と接する伝熱板を設けたものである。

つぎの発明にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに前記板状体を組み合わせてバスケットを構成したときに、当該バスケットの外周に位置する板状体の端縁と、同じく他の板状体の端縁との間に伝熱板を渡したものである。
25

板状体の端縁間に伝熱板を渡すことにより、伝熱板と胴本体のキャビティ内面が面接触することになる。このため、板状体から胴本体への熱伝導効率が向上す

る。

図面の簡単な説明

第1図は、この発明の実施の形態1にかかるキャスクを示す斜視図であり、第
5 2図は、第1図に示したキャスクを示す径方向断面図であり、第3図は、第1図
に示したキャスクを示す軸方向断面図であり、第4図は、角パイプの製造方法を
示すフローチャートであり、第5図は、角パイプの断面形状を示す説明図であり
、第6図は、上記角パイプの挿入方法を示す斜視図であり、第7図は、キャビテ
ィの加工装置を示す概略斜視図であり、第8図は、キャビティの加工方法を示す
10 概略説明図であり、第9図は、バスケットの変形例を示す斜視図であり、第10
図は、上記バスケットの他の変形例を示す平面図であり、第11図は、上記バス
ケットの他の変形例を示す平面図であり、第12図は、この発明の実施の形態2
にかかるキャスクを示す斜視図であり、第13図は、この発明の実施の形態3に
かかるキャスクを示す径方向断面図であり、第14図は、この発明の実施の形態
15 4にかかるキャスクを示す径方向断面図であり、第15図は、この発明の実施の
形態4にかかる他のキャスクを示す径方向断面図であり、第16図は、この発明
の実施の形態5にかかるキャスクを示す径方向断面図であり、第17図は、第1
6図に示したキャスクのバスケットの構造を示す説明図であり、第18図は、第
16図に示したキャスクのバスケットの構造を示す説明図であり、第19図は、
20 キャスクの一例を示す斜視図であり、第20図は、第19図に示したキャスクを
示す軸方向断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、この発明にかかるキャスクにつき図面を参照しつつ詳細に説明する。な
25 お、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

第1図は、この発明の実施の形態1にかかるキャスクを示す斜視図である。第
2図は、第1図に示したキャスクの径方向断面図である。第3図は、第1図に示

したキャスクの軸方向断面図である。この実施の形態1にかかるキャスク100は、胴本体101のキャビティ102内面をバスケット130の外周形状に合わせて機械加工したものである。キャビティ102内面の機械加工は、後述する専用の加工装置によってフライス加工する。胴本体101および底板104は、 γ 線遮蔽機能を有する炭素鋼製の鍛造品である。なお、炭素鋼の代わりにステンレス鋼を用いることもできる。前記本体胴101と底板104は、溶接により結合する。また、耐圧容器としての密閉性能を確保するため、一次蓋110と胴本体101との間には金属ガスケットを設けておく。

胴本体101と外筒105との間には、水素を多く含有する高分子材料であって中性子遮蔽機能を有するレジン106が充填されている。また、胴本体101と外筒105との間には熱伝導を行う複数の銅製内部フィン107が溶接されており、前記レジン106は、この内部フィン107によって形成される空間に流動状態で注入され、冷却固化される。なお、内部フィン107は、放熱を均一に行うため、熱量の多い部分に高い密度で設けるようにするのが好ましい。また、レジン106と外筒105との間には、数mmの熱膨張しろ108が設けられる。この熱膨張しろ108は、ホットメルト接着剤等にヒーターを埋め込んだ消失型を外筒105内面に配し、レジン106を注入固化した後、ヒーターを加熱して溶融排出することにより形成する（図示省略）。

蓋部109は、一次蓋110と二次蓋111により構成される。この一次蓋110は、 γ 線を遮蔽するステンレス鋼または炭素鋼からなる円盤形状である。また、二次蓋111もステンレス鋼製または炭素鋼製の円盤形状であるが、その上面には中性子遮蔽体としてレジン112が封入されている。一次蓋110および二次蓋111は、ステンレス製または炭素鋼製のボルト113によって胴本体101に取り付けられている。さらに、一次蓋110および二次蓋111と胴本体101との間にはそれぞれ金属ガスケットが設けられ、内部の密封性を保持している。また、蓋部109の周囲には、レジン114を封入した補助遮蔽体115が設けられている。

5 キャスク本体 1 1 6 の両側には、キャスク 1 0 0 を吊り下げるためのトラニオン 1 1 7 が設けられている。なお、第 1 図では、補助遮蔽体 1 1 5 を設けたものを示したが、キャスク 1 0 0 の搬送時には補助遮蔽材 1 1 5 を取り外して緩衝体 1 1 8 を取り付ける（第 2 図参照）。緩衝体 1 1 8 は、ステンレス鋼材により作成した外筒 1 2 0 内にレッドウッド材などの緩衝材 1 1 9 を組み込んだ構造である。バスケット 1 3 0 は、使用済み核燃料集合体を収容するセル 1 3 1 を構成する 6 9 本の角パイプ 1 3 2 からなる。角パイプ 1 3 2 には、A 1 または A 1 合金粉末に中性子吸収性能を持つ B または B 化合物の粉末を添加したアルミニウム複合材またはアルミニウム合金を用いる。また、中性子吸収材としては、ボロンの他にカドミウムを用いることができる。

10 第 4 図は、上記角パイプの製造方法を示すフローチャートである。まず、アトマイズ法などの急冷凝固法により A 1 または A 1 合金粉末を作製すると共に（ステップ S 4 0 1）、B または B 化合物の粉末を用意し（ステップ S 4 0 2）、これら両粒子をクロスロータリーミキサー等によって 1 0 ～ 1 5 分間混合する（ステップ S 4 0 3）。

15 前記 A 1 または A 1 合金には、純アルミニウム地金、A 1 - C u 系アルミニウム合金、A 1 - M g 系アルミニウム合金、A 1 - M g - S i 系アルミニウム合金、A 1 - Z n - M g 系アルミニウム合金、A 1 - F e 系アルミニウム合金などを用いることができる。また、前記 B または B 化合物には、B、C、B₂O₃などを用いることができる。ここで、アルミニウムに対するボロンの添加量は、1. 5 重量%以上、7 重量%以下とするのが好ましい。1. 5 重量%以下では十分な中性子吸収能が得られず、7 重量%より多くなると引っ張りに対する延びが低下するためである。

20 つぎに、混合粉末をラバーケース内に封入し、C I P（Cold Isostatic Press）により常温で全方向から均一に高圧をかけ、粉末成形を行う（ステップ S 4 0 4）。C I P の成形条件は、成形圧力を 2 0 0 M P a とし、成形品の直径が 6 0 0 m m、長さが 1 5 0 0 m m になるようにする。C I P によって全方向から均一

に圧力を加えることにより、成形密度のばらつきが少ない高密度な成形品を得ることができる。

続いて、前記粉末成形品を缶に真空封入し、300℃まで昇温する（ステップS405）。この脱ガス工程にて缶内のガス成分および水分を除去する。つぎの工程では、真空脱ガスした成形品をHIP（Hot Isostatic Press）により再成形する（ステップS406）。HIPの成形条件は、温度400℃～450℃、時間30sec、圧力6000tonとし、成形品の直径が400mmになるようにする。続いて、缶を除去するために外削、端面削を施し（ステップS407）、ポートホール押出機を用いて当該ビレットを熱間押出しする（ステップS408）。この場合の押出条件として、加熱温度を500℃～520℃、押出速度を5m/minとする。なお、この条件は、Bの含有量により適宜変更する。

つぎに、押出成形後、引張矯正を施すと共に（ステップS409）、非定常部および評価部を切断し、製品とする（ステップS410）。完成した角パイプは、第5図に示すように、断面の一辺が162mm、内側が151mmの四角形状となる。寸法公差は、要求される規格の関係でマイナス公差を0にとる。また、内側角のRが5mmであるのに対し、外側角のRを0.5mmのシャープエッジに成形する。

エッジ部分のRが大きい場合、バスケット130に応力が加わると、角パイプ132の特定部位（エッジ近傍）に応力集中が起こって破損の原因となりうる。このため、角パイプ132をシャープエッジにすることで、隣接する角パイプ132に対して応力が素直に伝わるから、角パイプ132の特定部位に対する応力集中を避けることができる。なお、この角パイプ132の他の製造方法として、本願出願人により平成11年5月27日付け（「バスケット及びキャスク」）で既に出願済みのものがあるから、そちらを参照して製造してもよい。

第6図は、上記角パイプの挿入方法を示す斜視図である。上記工程により製造した角パイプ132は、キャビティ102内の加工形状に沿って順次挿入される。ここで、角パイプ132に曲げとねじれが生じていること、寸法のマイナス公

差が0であることから、角パイプ132を適当に挿入しようとする、公差の累積や曲げの影響を受けて挿入しにくくなり、無理に挿入すると角パイプ132に過剰な応力が加わることになる。そこで、製造した全部または一部の角パイプ132の曲げ及びねじれをレーザ測定器などにより予め測定し、コンピュータを用いることで当該測定データに基づき最適な挿入位置を割り出すようにする。このようにすれば、キャビティ102内に角パイプ132を容易に挿入することができるし、それぞれの角パイプ132にかかる応力を均一にすることができる。

また、第6図および第2図に示すように、キャビティ102のうちセル数が5個または7個となる角パイプ列の両側には、それぞれダミーパイプ133が挿入されている。このダミーパイプ133は、胴本体101の重量を軽減すると共に胴本体101の厚みを均一化すること、角パイプ132を確実に固定することを目的とする。このダミーパイプ133にもボロン入りアルミニウム合金を用い、上記同様の工程により製作する。なお、このダミーパイプ133は省略することもできる。

つぎに、胴本体101のキャビティ102の加工について説明する。第7図はキャビティ102の加工装置を示す概略斜視図である。この加工装置140は、胴本体101内を貫通すると共にキャビティ102内に載置固定される固定テーブル141と、固定テーブル141上を軸方向に摺動する可動テーブル142と、可動テーブル142上にて位置決め固定されているサドル143と、サドル143上に設けられスピンドル144および駆動モータ145からなるスピンドルユニット146と、スピンドル軸に設けたフェースミル147とから構成されている。また、スピンドルユニット146上には、キャビティ102内形状に従って当接部を成形した反力受け148が設けられている。この反力受け148は、着脱自在であって溝（図示省略）に沿って図中矢印方向にスライドする。また、反力受け148は、スピンドルユニット146に対するクランプ装置149を有しており、所定位置にて固定することができる。

さらに、固定テーブル141の下部溝内には、複数のクランプ装置150が取

り付けられている。このクランプ装置 1 5 0 は、油圧シリンダ 1 5 1 と、油圧シリンダ 1 5 1 の軸に設けたくさび状の移動ブロック 1 5 2 と、当該移動ブロック 1 5 2 と傾斜面で当接する固定ブロック 1 5 3 とから構成されており、図中斜線部側を固定テーブル 1 4 1 の溝内面に取り付けるようにする。油圧シリンダ 1 5 1 の軸を駆動すると、移動ブロック 1 5 2 が固定ブロック 1 5 3 に当接し、くさびの効果により移動ブロック 1 5 2 が多少下方に移動する（図中点線で示す）。これにより、移動ブロック 1 5 2 の下面がキャビティ 1 0 2 内面に押し当てられるから、固定テーブル 1 4 1 をキャビティ 1 0 2 内で固定することができる。

また、胴本体 1 0 1 はローラからなる回転支持台 1 5 4 上に載せられており、径方向に回転自在となる。また、スピンドルユニット 1 4 6 とサドル 1 4 3 との間にスペーサ 1 5 5 をかますことにより、固定テーブル 1 4 1 上のフェースミル 1 4 7 の高さを調整することができる。スペーサ 1 5 5 の厚さは、上記角パイプ 1 3 2 の一辺の寸法と同じである。サドル 1 4 3 は、移動テーブル 1 4 2 に設けたハンドル 1 5 6 を回転させることにより胴本体 1 0 1 の径方向に移動する。移動テーブル 1 4 2 は、固定テーブル 1 4 1 の端部に設けたサーボモータ 1 5 7 とボールネジ 1 5 8 により移動制御される。なお、加工が進むにつれてキャビティ 1 0 2 内の形状が変わるので、反力受け 1 4 8 やクランプ機構 1 5 0 の移動ブロック 1 5 2 を適当な形状のものに変更する必要がある。

第 8 図は、キャビティの加工方法を示す概略説明図である。まずクランプ装置 1 5 0 および反力受け 1 4 8 により固定テーブル 1 4 1 をキャビティ 1 0 2 内の所定位置にて固定する。つぎに、同図（a）に示すように、固定テーブル 1 4 1 に沿ってスピンドルユニット 1 4 6 を所定の切削速度にて移動させ、フェースミル 1 4 7 によるキャビティ 1 0 2 内の切削を行う。当該位置での切削が完了すると、クランプ装置 1 5 0 を外して固定テーブル 1 4 1 を解放する。つぎに同図（b）に示すように、回転支持台 1 5 4 上で胴本体 1 0 1 を 9 0 度回転させ、クランプ装置 1 5 0 にて固定テーブル 1 4 1 を固定する。そして、上記同様にフェースミル 1 4 7 にて切削を行う。以降、前記同様の工程をさらに 2 回繰り返す。

つぎに、スピンドルユニット146を180度回転させ、同図(c)に示すように、順次、キャビティ102内の切削を行う。この場合も、上記同様に胴本体101を90度回転させながら加工を繰り返す。つぎに、同図(d)に示すように、スピンドルユニット146にスペーサ155をかませることで当該スピンドルユニットの位置を高くする。そして、当該位置にてフェースミル147を軸方向に送り、キャビティ102内の切削を行う。これを90度回転させながら繰り返すことで、角パイプ132を挿入するのに必要な形状がほぼ完成する。なお、ダミーパイプ133を挿入する部分の切削も、同図(d)に示すのと同様にして行えばよい。但し、スピンドルユニット146の高さを調整するスペーサ厚は、
5
10
ダミーパイプ133の一辺と同じにする。

キャスク100に収容する使用済み核燃料集合体は、核分裂性物質および核分裂生成物などを含み、放射線を発生すると共に崩壊熱を伴うため、キャスク100の除熱機能、遮蔽機能および臨界防止機能を貯蔵期間中(60年程度)、確実に維持する必要がある。この実施の形態1にかかるキャスク100では、胴本体101のキャビティ102内を機械加工して角パイプ132で構成したバスケット130の外側を密着状態(空間領域なし)で挿入するようにしており、さらに、胴本体101と外筒105との間に内部フィン107を設けている。このため、燃料棒からの熱は、角パイプ132あるいは充填したヘリウムガスを通じて胴本体101に伝導し、主に内部フィン107を通じて外筒105から放出されることになる。以上から、角パイプ132からの熱伝導率が向上し、崩壊熱の除熱を効率的に行うことができるようになる。
15
20

また、使用済み核燃料集合体から発生する γ 線は、炭素鋼あるいはステンレス鋼からなる胴本体101、外筒105、蓋部109などにおいて遮蔽される。また、中性子はレジン106によって遮蔽され、放射線業務従事者に対する被ばく上の影響をなくすようにしている。具体的には、表面線当量率が 2 mSv/h 以下、表面から1mの線量当量率が $100\text{ }\mu\text{ Sv/h}$ 以下になるような遮蔽機能が得られるように設計する。さらに、セル131を構成する角パイプ132には、
25

ボロン入りのアルミニウム合金を用いているので、中性子を吸収して臨界に達するのを防止することができる。

以上、この実施の形態1にかかるキャスク100によれば、胴本体101のキャビティ102内を機械加工しバスケット130の外周を構成する角パイプ132を密着状態で挿入するようにしたので、角パイプ132からの熱伝導率を向上させることができる。また、キャビティ102内の空間領域をなくすことができるから、胴本体101をコンパクトかつ軽量にすることができる。なお、この場合であっても、角パイプ132の収容数が減少することはない。逆に、胴本体101の外径を第16図に示すキャスクと同じにすれば、それだけセル数を確保できるから、使用済み核燃料集合体の収納数を増加することができる。具体的に当該キャスク100では、使用済み核燃料集合体の収容数を69体にでき、且つキャスク本体116の外径を2560mm、重量を120tonに抑えることができる。また、現実の問題として、上記構成を採用することにより、要求される重量制限、寸法制限を満たした上で69本の使用済み燃料集合体を収容することが可能になった。

つぎに、上記実施の形態1にかかるバスケットの変形例について説明する。第9図は、バスケットの変形例を示す斜視図である。上記角パイプ132は単純パイプ状であったが、同図(a)に示すように、3連のセル161を有する形状にしてもよい。また、田形のセル162を有する形状や(同図(b))、L字形にセル163を連ねた形状(同図(c))であってもよい。これら角パイプの製造法には、上記同様の押出成形を用いればよい。なお、これら以外の、たとえば4連のセルを有する形状やT字形にセルを連ねた形状としてもよい。このようにすれば、角パイプの挿入を容易に行うことができる。

第10図は、上記バスケットの他の変形例を示す平面図である。このバスケット170は、角パイプ171を千鳥状に配列した構成である。このため、角パイプ171内面のみならず隣接する角パイプ171外面によってもセル172が形成される。また、角パイプ171の角部分には面取り173が設けられており、

当該角パイプ171をキャビティ102に挿入した状態で隣接する角パイプ171の面取り173同士が突き合い、全体として拘束状態になる。また、角パイプ厚は、所定の中性子吸収能を確保するため、上記角パイプ132に比べて厚めに設計する。なお、ダミーパイプ133は、省略してもよい。

- 5 第11図は、上記バスケットの他の変形例を示す平面図である。このバスケット180のように、波板181を組み合わせて格子状のセル182を構成するようにしてもよい。それぞれの波板181の角部分には面取り183が設けられ、当該角部分が隣接する波板の角部分に突き合わされて全体として拘束状態になる。波板181には、中性子吸収能を有するボロン入りアルミニウム合金を用いる。
- 10 。また、上記同様、所定の中性子吸収能を確保するため上記角パイプ132に比べて厚めに設計する。なお、ダミーパイプ133は、省略してもよい。

- 第12図は、この発明の実施の形態2にかかるキャスクを示す斜視図である。このキャスク200は、上記第16図に示したキャスク500に対し、さらに熱伝導用のスペーサ201を設けた構造である。このスペーサ201により空間領域Sを埋め、角パイプ510からの熱を胴本体501に効率的に伝導するようにする。スペーサ201の材料は胴本体501と同じ炭素鋼であり、空間領域Sの形状に従って鋳造、鍛造あるいは機械加工により製造する。
- 15

- 以上、このキャスク200によれば、スペーサ201により空間領域Sを埋めたので、熱伝導効率を向上させることができる。また、スペーサ201により剛性を向上させることができるので、胴本体501の外形を小さくできる。このため、キャスク500をコンパクトかつ軽量にすることができる。
- 20

- また、同図では、角パイプ510をキャビティ511に挿入した後にスペーサ201を挿入するようにしているが、スペーサ210をキャビティ511内にボルト止めしてから角パイプ510を挿入するようにしてもよい。また、スペーサ201により所定の剛性を確保できるから、その分、胴本体501の外形を小さくするようにしてもよい。
- 25

なお、熱伝導を促進するものであれば、同図に示すようなスペーサ201に限

定されない。たとえば、角パイプ510と胴本体501との間に内部フィンを設けるようにしてもよいし、当該内部フィンの上にさらにレジンを充填するようにしてもよい（図示省略）。また、空間領域Sの形状に従って成形したダミーパイプを挿入するようにしてもよい（図示省略）。

5 第13図は、この発明の実施の形態3にかかるキャスクを示す径方向断面図である。このキャスク300の胴本体301は、バスケット302外周の角パイプ303が完全に当接するようにキャビティ304内を平面加工するのではなく、一部が当接して多少の空間領域Saが残るように加工してある。すなわち、内部が円筒形状をしたキャビティ304の12箇所に対し、角パイプ303の一部が
10 係合するような複数条の溝305を加工する。かかる構成によれば、加工装置による胴本体301の加工量を少なくできるので生産性が向上する。また、角パイプ303が胴本体301に対して直に当接する部分が増加すると共にキャビティ304内の空間領域Saを少なくできるので、上記実施の形態1のキャスク100には劣るものの、第16図に示すキャスク500に比べて熱伝導率を向上させることができる。さらに、キャスク300をコンパクトかつ軽量にすることができる。なお、この他の構成要素については上記実施の形態1のキャスク100と同じであるから、その説明を省略する。

第14図は、この発明の実施の形態4にかかるキャスクを示す径方向断面図である。このキャスク400は、同図に示すように、上記実施の形態1に示したキャビティ内形状を変更して77体の角パイプ401を挿入可能にした点に特徴がある。この構成では、胴本体402の厚さがキャビティ403の4角で薄くなるため、当該部分にγ線を遮蔽する補助遮蔽体404を設けて補強する。補助遮蔽体404は、胴本体401と同じ炭素鋼製とする。

25 このようにすれば、バスケット405のセル数を増やすことができるので、使用済み核燃料集合体の収容数を増やすことができる。なお、上記実施の形態ではセル数が69個および77個のものを示したが、所定重量および外径を確保できることを条件として、角パイプ401がキャビティ内面に接触する構成であれば

当該個数以外であっても構わない。なお、この他の構成要素については上記実施の形態1のキャスク100と同じであるから、その説明を省略する。

さらに、第15図に他の変形例を示す。このキャスク450は、胴本体451のキャビティ452内に、角パイプ453の一部に係合する8条の溝454を機械加工することで、収納本数を77本に増やした構造である。また、胴本体451の厚さが薄くなる部分には、上記同様、 γ 線を遮蔽する炭素鋼製の補助遮蔽体455を設けて補強する。さらに、バスケット456と胴本体451との間の空間領域Sbには、その形状に合わせたスペーサを挿入するようにしてもよい（図示省略）。なお、この他の構成要素については上記実施の形態2のキャスク200と同じであるから、その説明を省略する。

第16図は、この発明の実施の形態5にかかるキャスクを示す径方向断面図である。第17図および第18図は、第16図に示したキャスクのバスケットの構造を示す説明図である。このキャスク600では、バスケット601を、複数の板状体602を交互に組み合わせることにより構成した点に特徴がある。この組み合わせた状態で、バスケット601が略角断面となる。また、各板状体602の長手方向の両側には、複数の切り欠き部603が設けられており、板状体602の組み合わせは、当該切り欠き部603を相互に嵌め合うことにより行う。

なお、図示しないが、板状体602の長手方向端縁に面取りあるいはRを形成するようにしてもよい。このようにすれば、使用済み核燃料集合体がバスケット601の途中で引っかかることなく、当該バスケット601に対してスムーズに挿入される。このように、板状体602を交互に組み合わせることで、複数のセル131を有するバスケット601になる。なお、第18図に示すように、バスケット601の両端に用いる板状体602のうち、一方向側の板状体602xは、その幅が半分になる。このため、バスケット601の端部が面一になる。

板状体602の材料には、A1またはA1合金粉末に中性子吸収性能を持つBまたはB化合物の粉末を添加したアルミニウム複合材またはアルミニウム合金を用いる。また、この板状体602は、第4図に示す押し出し成形によって製造す

る。切り欠き部603は、押し出し成形後、切削加工あるいは打ち抜き加工によって形成する。さらに、板状体602は、A1板にBの板を貼りつけた構成であってもよい（図示省略）。

また、バスケット601の外周に位置することになる板状体602の端縁602a間には、第18図に示すような伝熱板603が設けられている。この伝熱板603は、その切り欠き部603aを板状体602の端縁602aに設けた突起部602bに係合させ、ネジ固定あるいはスポット溶接することによって固定する。また、突起部602bを設けることなく、板状体端面に直接溶接するようにしてもよい。この伝熱板603により、使用済み核燃料集合体からの崩壊熱が板状体602から胴本体101に伝わりやすくなる。

また、キャビティ102のうちセル数が5個または7個となる角パイプ列の両側には、それぞれダミーパイプ133が挿入されている。このダミーパイプ133は、胴本体101の重量を軽減すると共に胴本体101の厚みを均一化すること、バスケット601を確実に固定することを目的とする。このダミーパイプ133にもボロン入りアルミニウム合金を用い、上記同様の工程により製作する。なお、このダミーパイプ133は省略することもできる。これ以外の構成は、上記実施の形態1のキャスクと同じであるため、その説明を省略し、同一の構成要素には同一の符号を付す。

以上、このキャスク600によれば、板状体602を組み合わせて構成したバスケット601の角断面に合わせてキャビティ内形状を形成したので、キャビティ102内の空間領域をなくすることができるから、胴本体101をコンパクトかつ軽量にすることができる。逆に、胴本体101の外径を第19図に示すキャスクと同じにすれば、それだけセル数を確保できるから、使用済み核燃料集合体の収納数を増加することができる。また、伝熱板603を設けることにより、崩壊熱を効果的に逃がすことができる。

また、上記実施の形態1～5では、PWR型原子炉の使用済み核燃料集合体を収容することを前提として記載しているが、BWR型原子炉の使用済み核燃料集

合体を収容する場合でも上記同様の構成を採用することができる。BWR型原子炉の使用済み核燃料集合体の場合、格子状セルのサイズを大きくする必要がある。この場合、セルが整然と並ぶ必要はなく、従来一般的に採用されているように、隣接するセルがずれていても構わない。

- 5 以上説明したように、この発明にかかるキャスクによれば、外周に中性子遮蔽体を有すると共に γ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、中性子吸収機能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットの外形に合わせた形状にしたので、外側の角パイプがキャビティ内面に面接触することになると共に角パイプとキャビティとの間に空間領域が生じない。このため、熱伝導率が向上し、使用済み核燃料集合体の収容数を増加することができる。また、コンパクト化あるいは軽量化することができる。
- 10

つぎの発明にかかるキャスクでは、キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたので、上記発明にかかるキャスクには劣るものの、その熱伝導率を向上し、使用済み核燃料集合体の収容数を増加することができる。

- 15 また、コンパクト化あるいは軽量化することができる。

- つぎの発明にかかるキャスクでは、外周に中性子遮蔽体を有しており γ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内面、および、中性子吸収機能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットの外表面、の一方を他方の形状に合わせることで両面を接触状態にしたので、熱伝導効率を向上できると共に使用済み核燃料集合体の収容数を増加することができる。また、コンパクト化あるいは軽量化することができる。
- 20

- つぎの発明にかかるキャスクでは、さらに、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記角パイプに接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入するようにした。このため、キャスクのさらに軽量化を図ることができる。また、熱伝導率を向上できる。
- 25

つぎの発明にかかるキャスクでは、胴本体の外側であって当該胴本体の厚さが

薄くなる部分に、 γ 線を遮蔽する補助遮蔽体を設けたので、 γ 線の遮蔽能力を低下させることなく、上記キャスクと同様の効果を得ることができる。

5 つぎの発明にかかるキャスクでは、バスケットとキャビティとの間にスペーサを設けたので、使用済み核燃料集合体から発生する崩壊熱の熱伝導効率を向上させることができる。

つぎの発明にかかるキャスクでは、バスケットを構成する角パイプのうちの複数を、キャビティ挿入前から一体化しておくようにしたので、キャスクの組立を容易にできる。また、角パイプ間の接触界面がなくなるので、熱伝導効率を向上

10 つぎの発明にかかるキャスクは、構造材に中性子吸収材を添加した複数の角パイプを束にすることで、使用済み核燃料集合体を収容する複数の格子状セルを形成したバスケットと、 γ 線遮蔽材からなる鍛造品であって円筒形状のキャビティ内を、前記角パイプから構成したバスケット外形に合わせて平面加工した胴本体と、胴本体と外筒との間に渡した内部フィンを複数有すると共に胴本体、外筒および内部フィンにより形成する空間に充填した中性子を遮蔽する中性子遮蔽体と
15 を備え、前記キャビティ内に前記角パイプを順次挿入してバスケットを構成した際、当該バスケット外面がキャビティ内面に接するようにした。このため、熱伝導率が向上し、使用済み核燃料集合体の収容数を増加することができる。また、コンパクト化あるいは軽量化することができる。

20 つぎの発明にかかるキャスクは、外周に中性子遮蔽体を有し且つ γ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、中性子吸収能を有する複数の板状体を直交して交互に組み合わせることで格子状をした角断面形状のバスケットの外形に合わせた形状にし、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにした。このため、胴本体の外径を小さくできる
25 から、キャスクをコンパクト化あるいは軽量化することができる。

つぎの発明にかかるキャスクは、キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたので、上記請求の範囲第9項にかかるキャスクには劣る

ものの、コンパクト化あるいは軽量化することができる。

つぎの発明にかかるキャスクは、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記板状体に接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入した。このため、キャスクのさらに軽量化を図ることができる。また、熱伝導率を向上できる。

つぎの発明にかかるキャスクは、前記板状体を組み合わせてバスケットを構成したときに、当該バスケットの外周に位置する板状体の端縁と、同じく他の板状体の端縁との間に伝熱板を渡したので、板状体から胴本体への熱伝導効率が向上する。このため、使用済み核燃料集合体の収容数を増加することができる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかるキャスクは、燃焼を終えた使用済み核燃料集合体を、熱伝導効率を向上させ、使用済み核燃料集合体の収容数を増加させて収容、貯蔵するのに有用であり、さらに、キャスクをコンパクト化あるいは軽量化するのに適している。

請 求 の 範 囲

1. 外周に中性子遮蔽体を有し且つ γ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、
中性子吸収能を有する複数の角パイプをキャビティ内に挿入した状態で当該角パイプにより構成される角断面形状のバスケットの外形に合わせた形状にし、前記
5 キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたことを特徴とするキャスク。

2. 前記キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたことを特徴とする請求の範囲第1項に記載のキャスク。

3. 外周に中性子遮蔽体を有し且つ γ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内面、および、中性子吸収機能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットの外面、の一方を他方の形状に合わせることで両面を接触状態にし、前記
15 キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたことを特徴とするキャスク。

4. さらに、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記角パイプに接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入したことを特徴とする請求の範囲第1項～第3項のいずれか一つに記載のキャスク。

5. さらに、前記胴本体の外側であって当該胴本体の厚さが薄くなる部分に、 γ 線を遮蔽する補助遮蔽体を設けたことを特徴とする請求の範囲第1項～第4項の
25 いずれか一つに記載のキャスク。

6. 外周に中性子遮蔽体を有し且つ γ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティと、中

中性子吸収機能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットとの間にスペーサを設け、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたことを特徴とするキャスク。

5 7. さらに、前記バスケットを構成する角パイプのうちの複数の、キャビティ挿入前から一体化しておくことを特徴とする請求の範囲第1項～第6項のいずれか一つに記載のキャスク。

10 8. 構造材に中性子吸収材を添加した複数の角パイプを束にすることで、使用済み核燃料集合体を収容する複数の格子状セルを形成したバスケットと、

γ線遮蔽材からなる鍛造品であって円筒形状のキャビティ内を、前記角パイプから構成したバスケット外形に合わせて平面加工した胴本体と、

15 胴本体と外筒との間に渡した内部フィンを複数有すると共に胴本体、外筒および内部フィンにより形成する空間に充填した中性子を遮蔽する中性子遮蔽体と、
を備え、

前記キャビティ内に前記角パイプを順次挿入してバスケットを構成した際、当該バスケット外面がキャビティ内面に接するようにしたことを特徴とするキャスク。

20 9. 外周に中性子遮蔽体を有し且つγ線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、中性子吸収能を有する複数の板状体を直交して交互に組み合わせることで格子状をした角断面形状のバスケットの外形に合わせた形状にし、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたことを特徴とするキャスク。

25

10. 前記キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたことを特徴とする請求の範囲第9項に記載のキャスク。

1 1. さらに、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記板状体に接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入したことを特徴とする請求の範囲第 9 項または第 1 0 項に記載のキャスク。

1 2. さらに、前記板状体を組み合わせてバスケットを構成したときに、当該バスケットの外周に位置する板状体の端部にキャビティ壁面と接する伝熱板を設けたことを特徴とする請求の範囲第 9 項～第 1 1 項のいずれか一つに記載のキャスク。

1 3. さらに、前記板状体を組み合わせてバスケットを構成したときに、当該バスケットの外周に位置する板状体の端縁と、同じく他の板状体の端縁との間に伝熱板を渡したことを特徴とする請求の範囲第 9 項～第 1 1 項のいずれか一つに記載のキャスク。

1/20

第1図

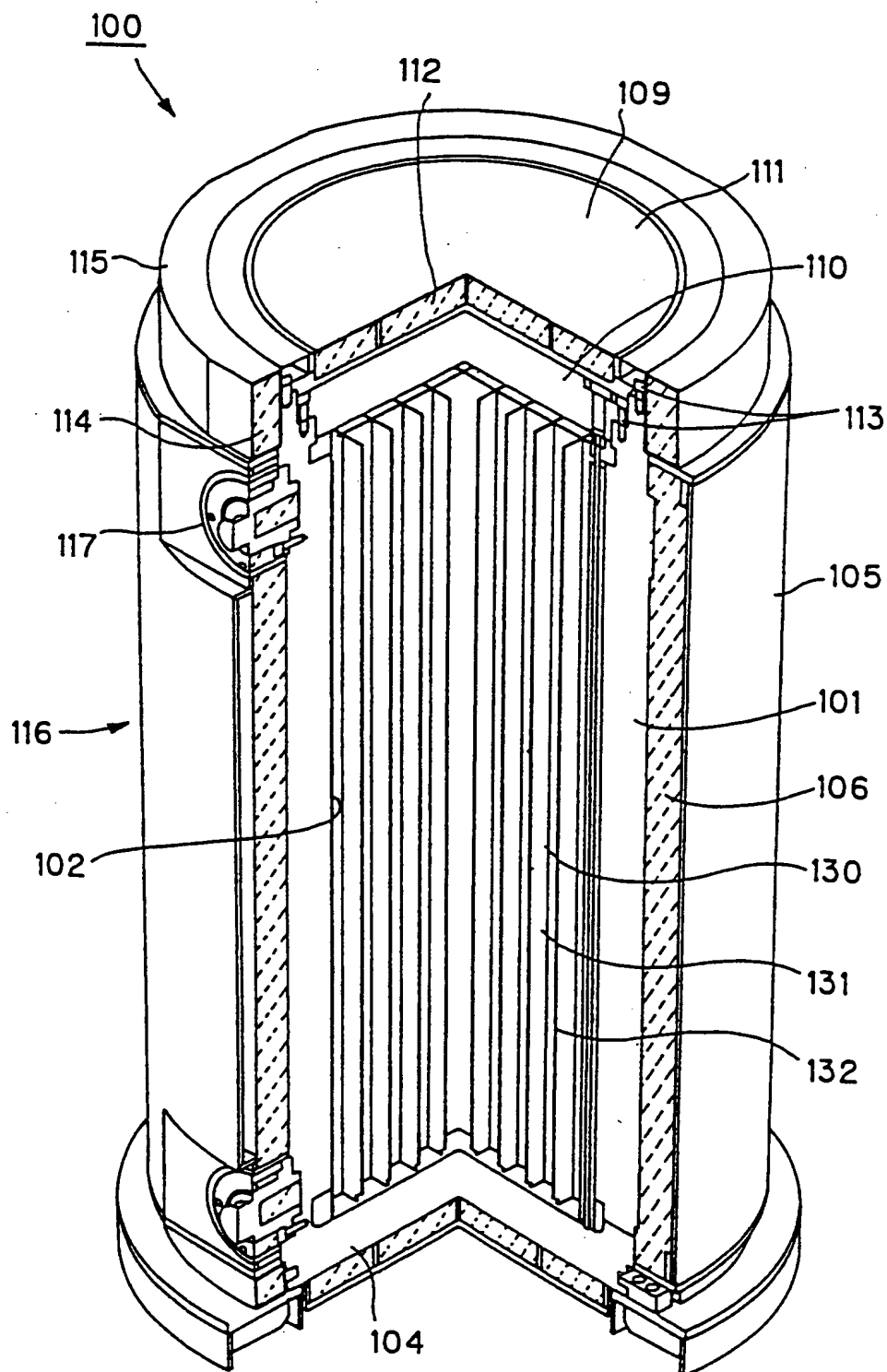
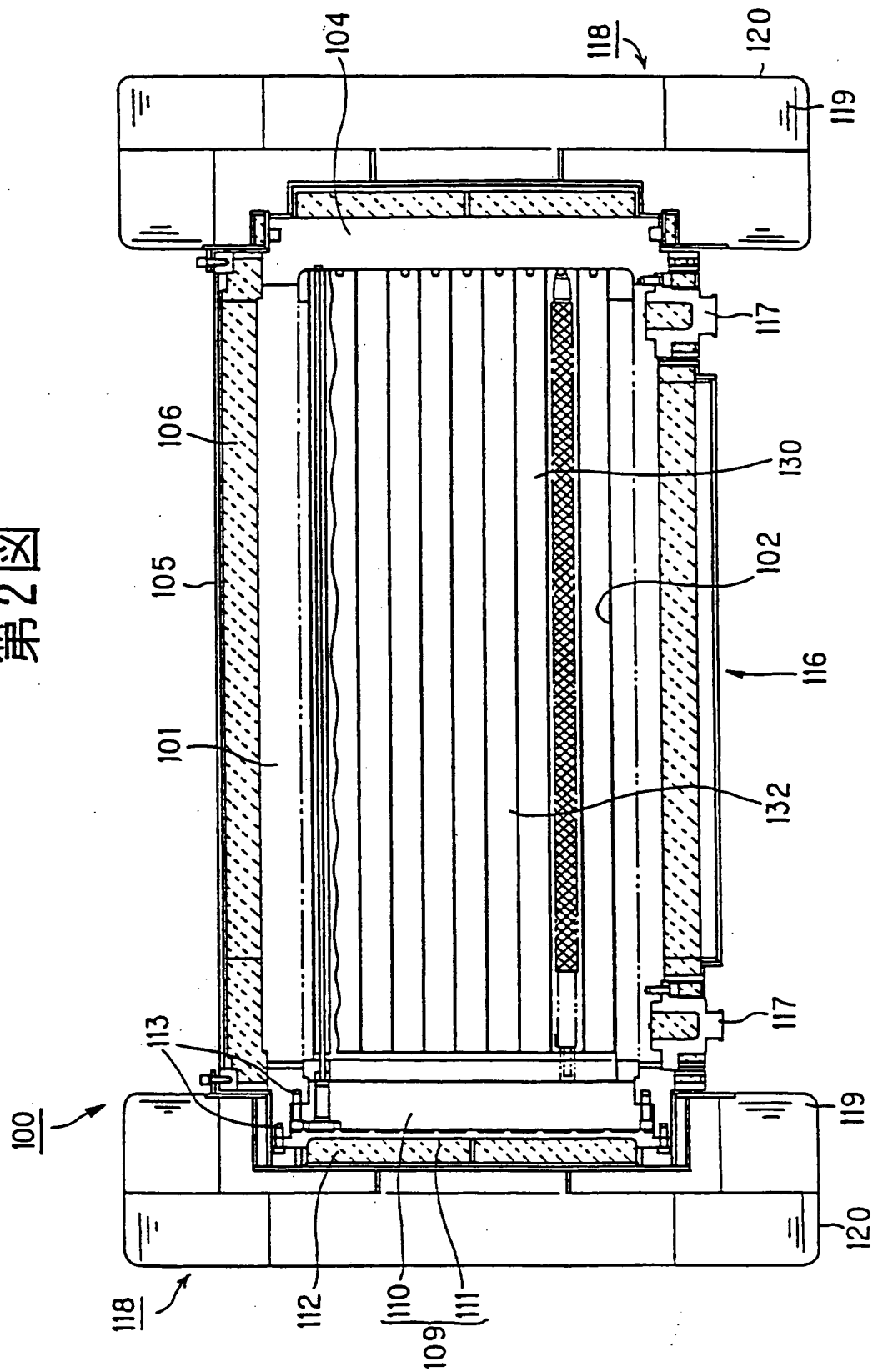
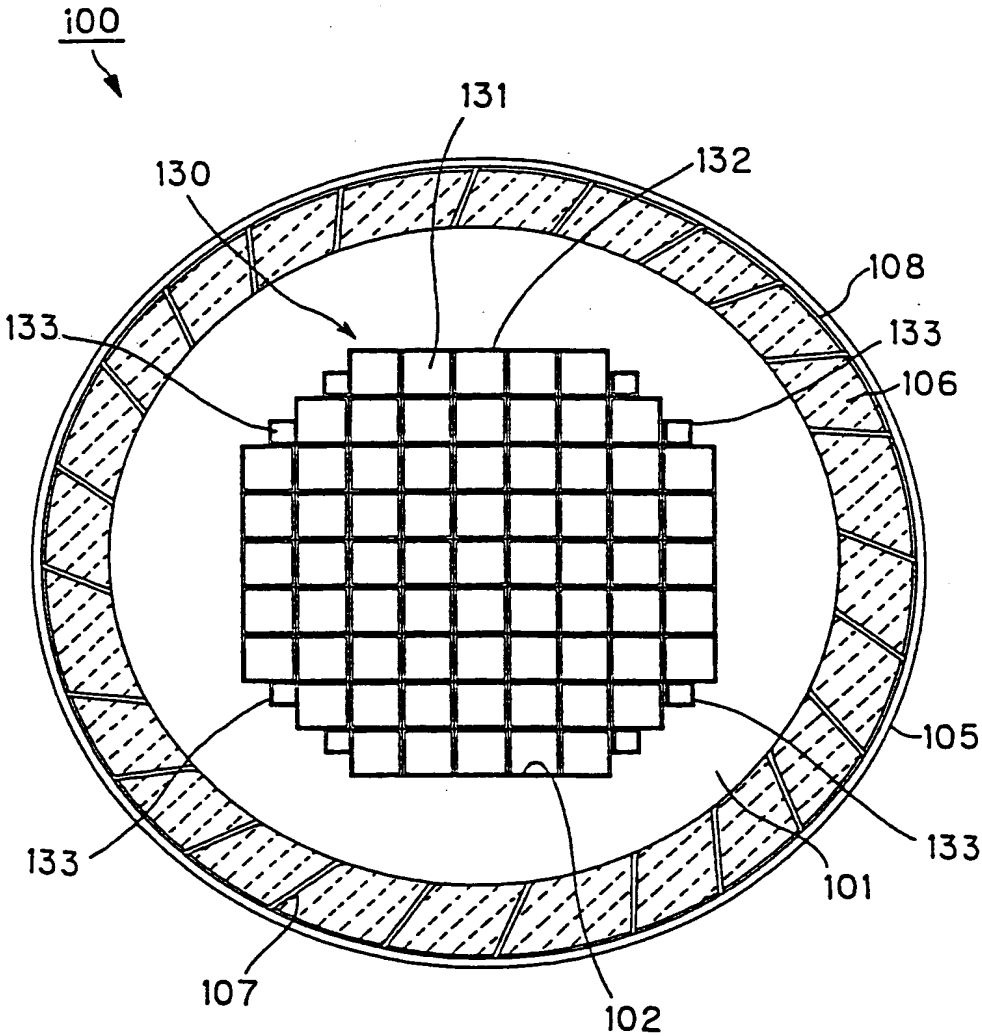


図 2 鋸

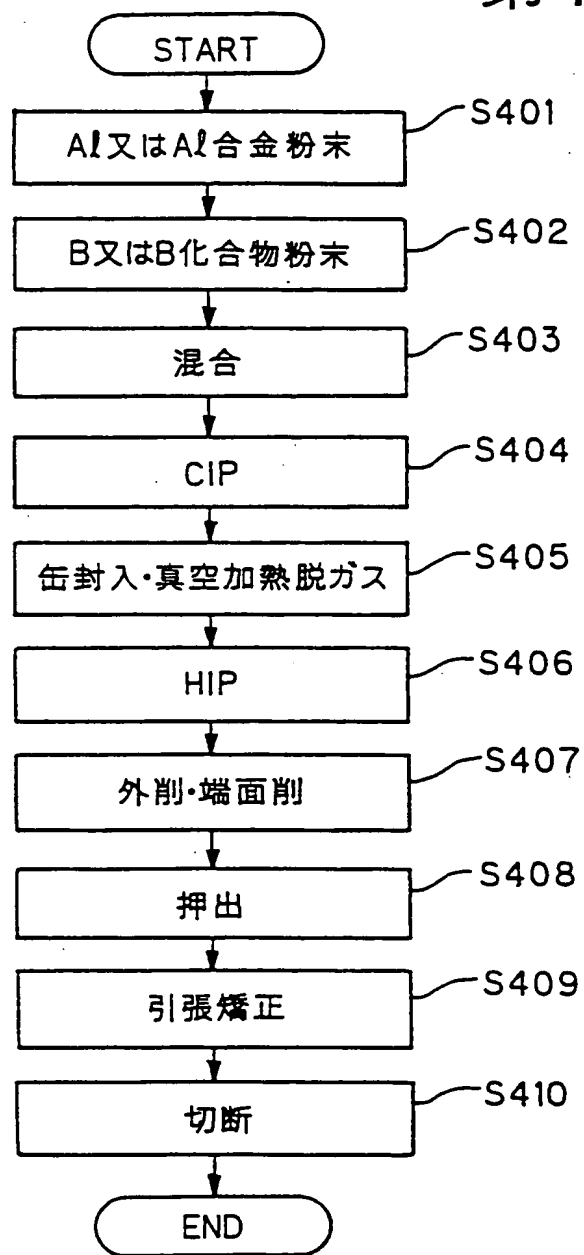


第3図



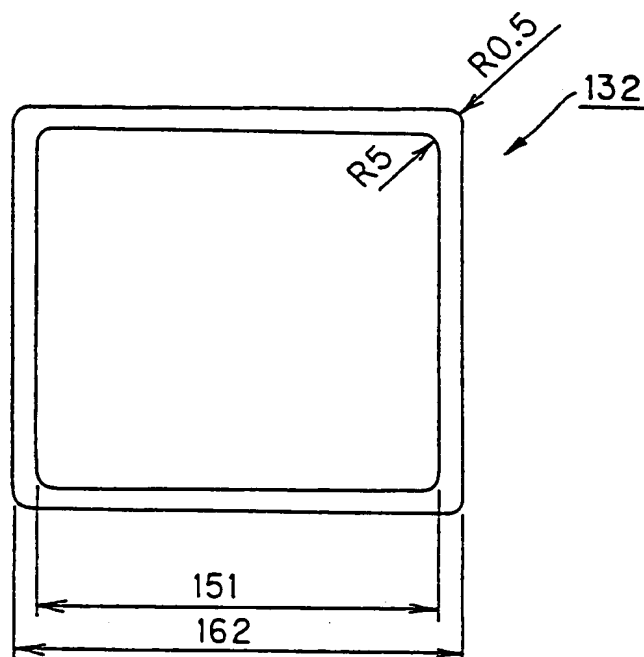
4/20

第4図

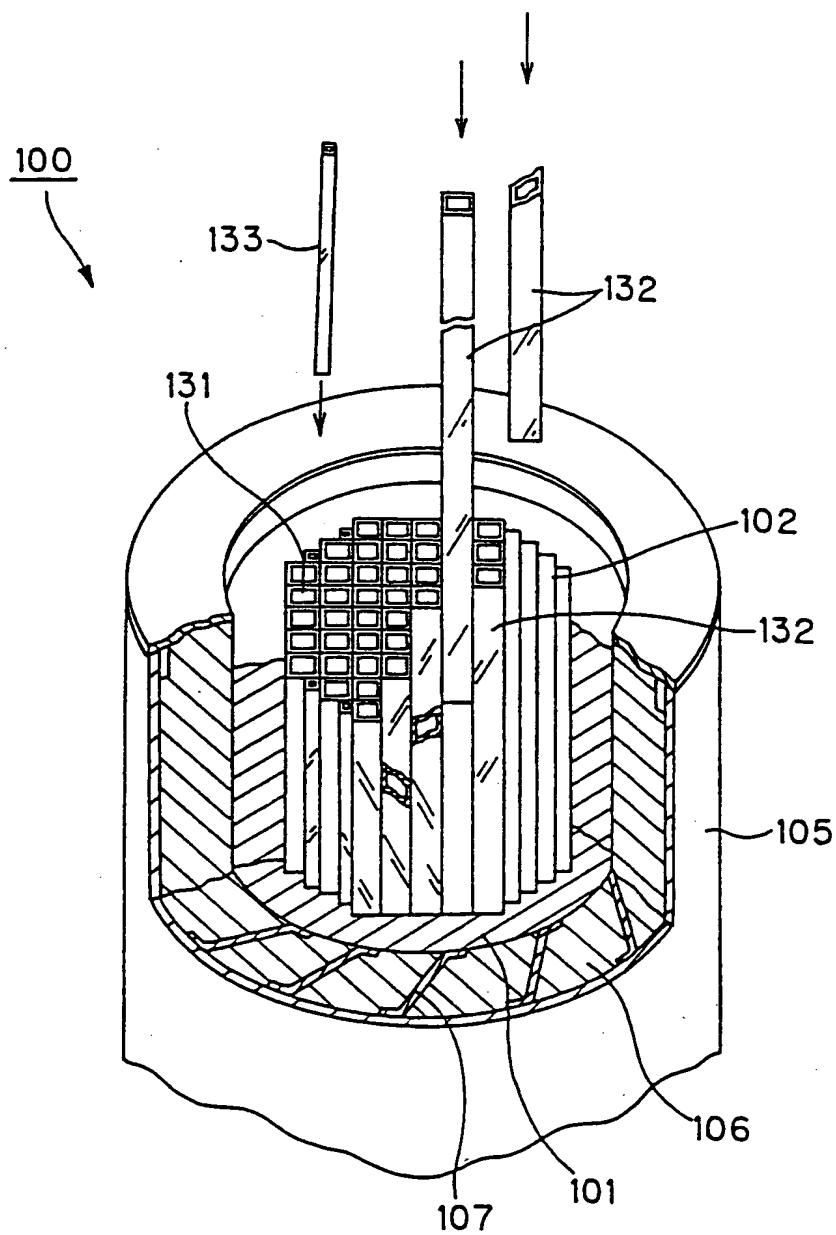


5/20

第5図

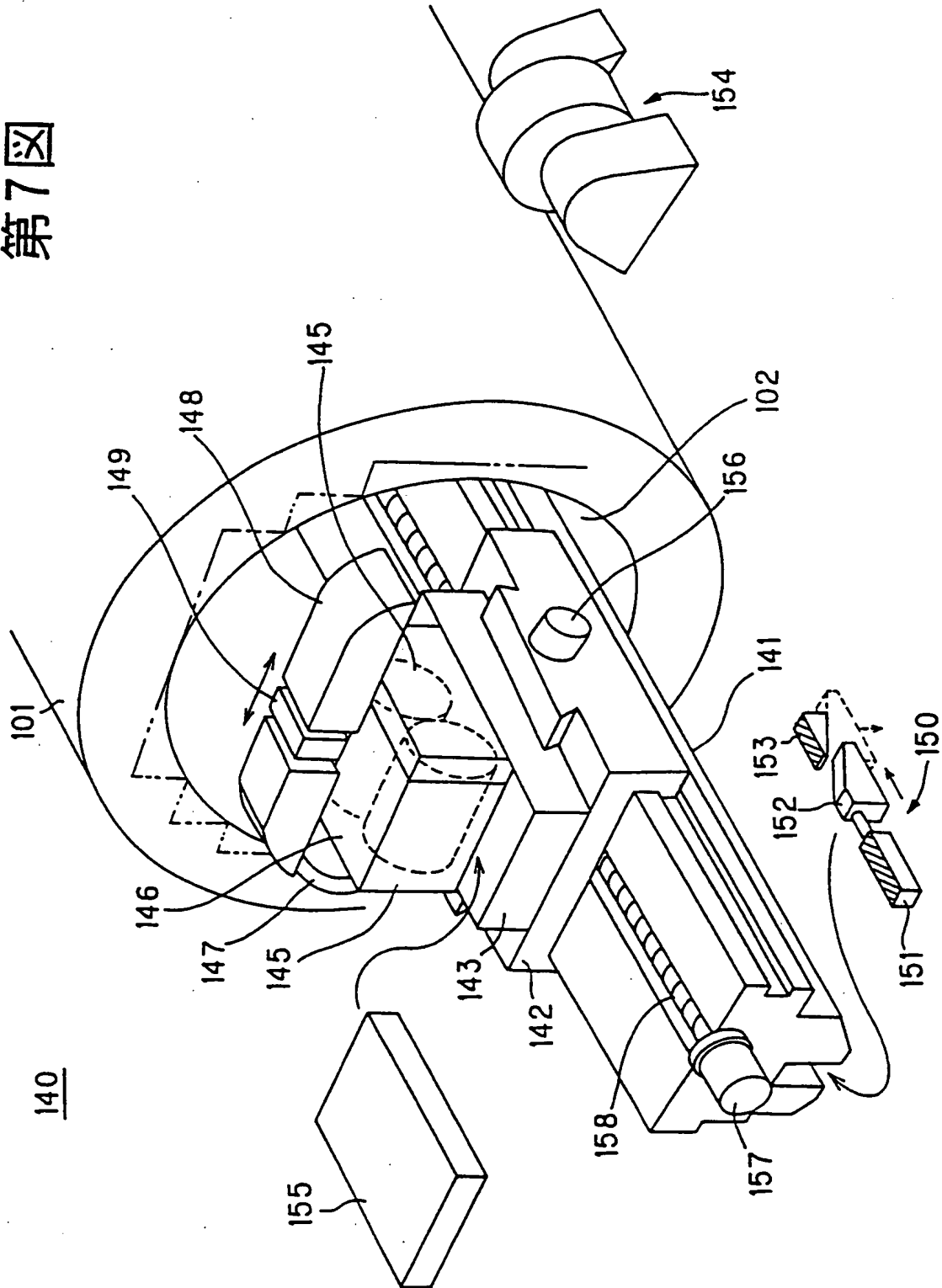


第6図

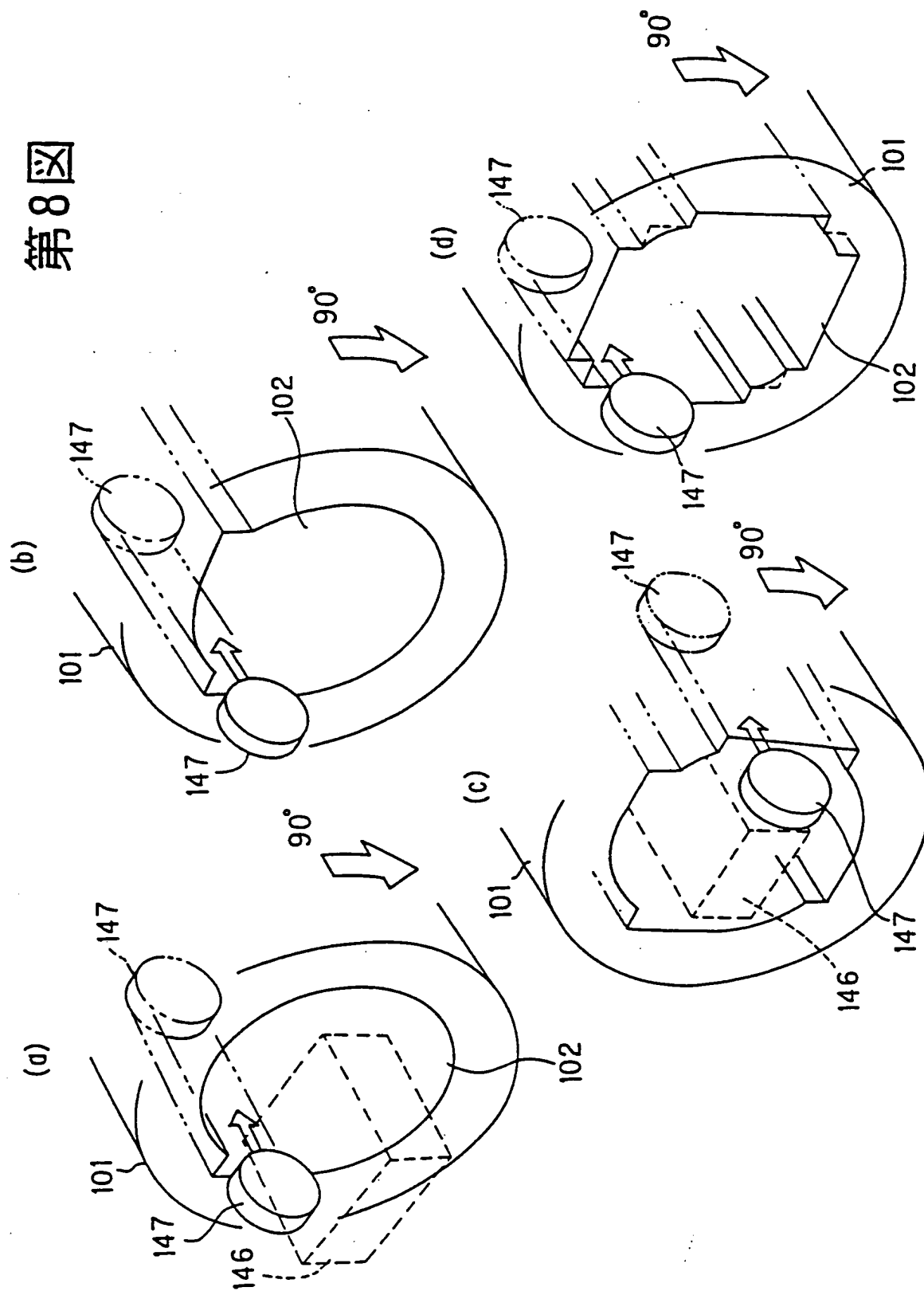


7/20

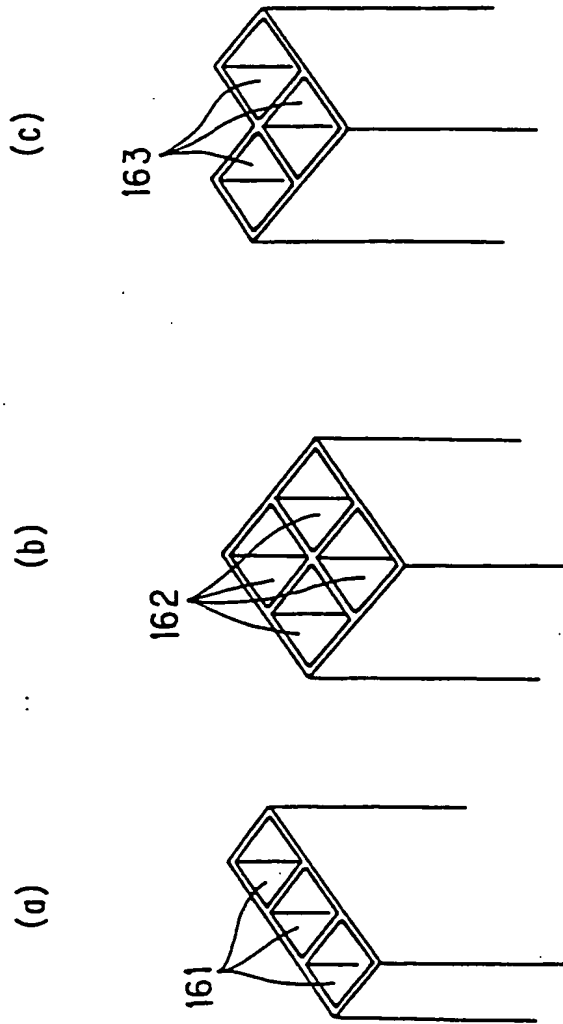
第7図



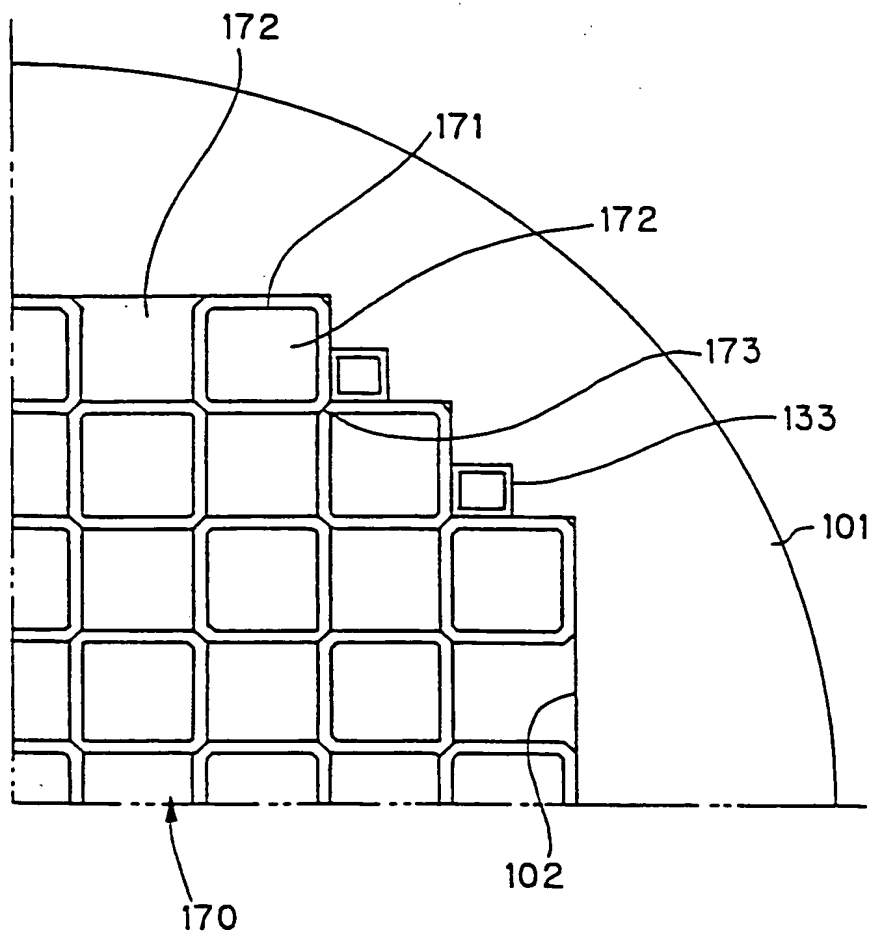
第8図



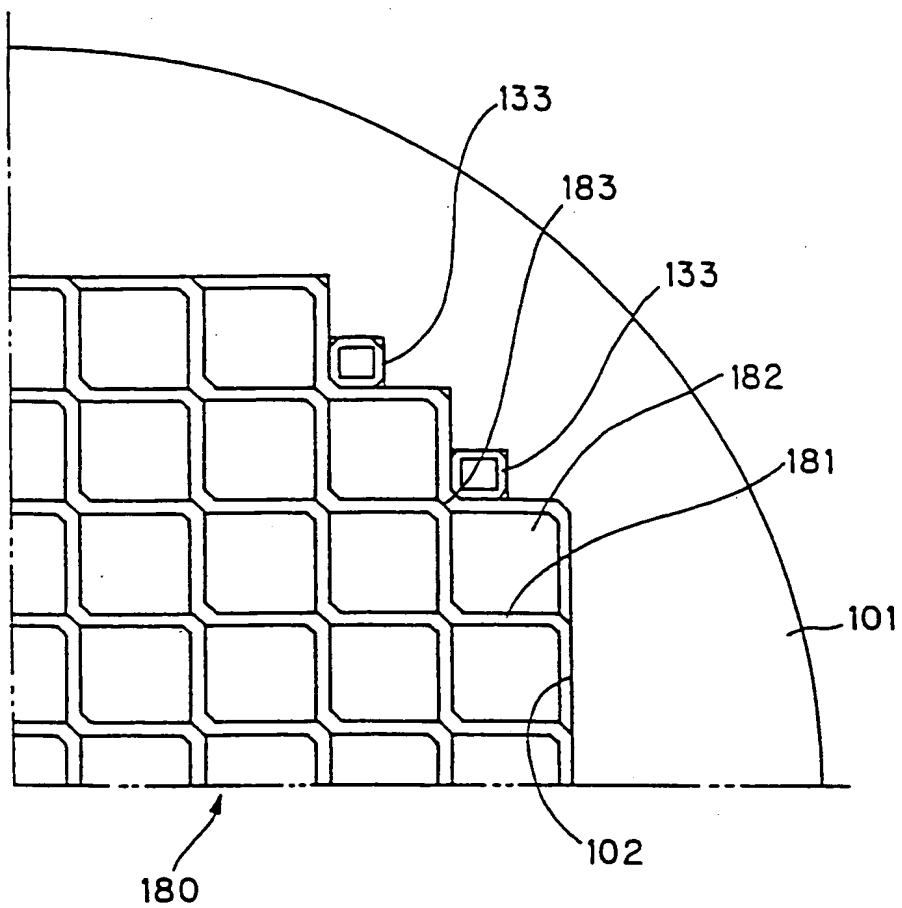
第9図



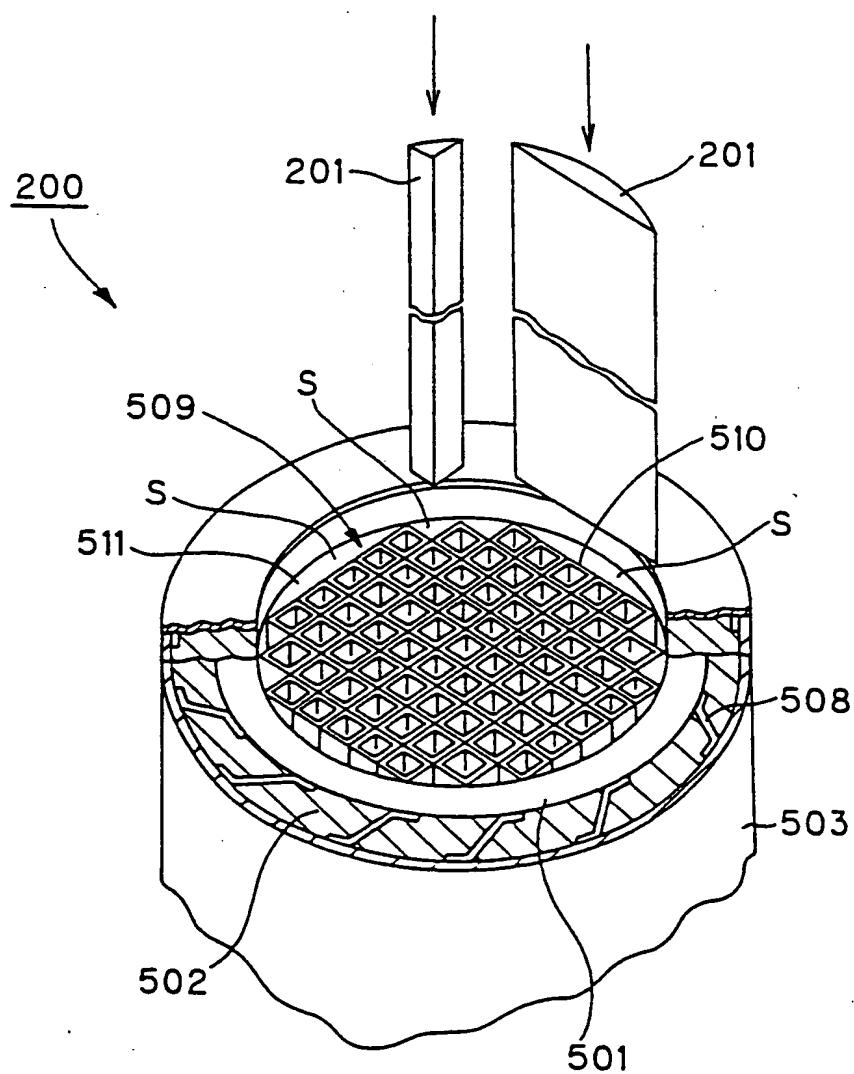
第10図



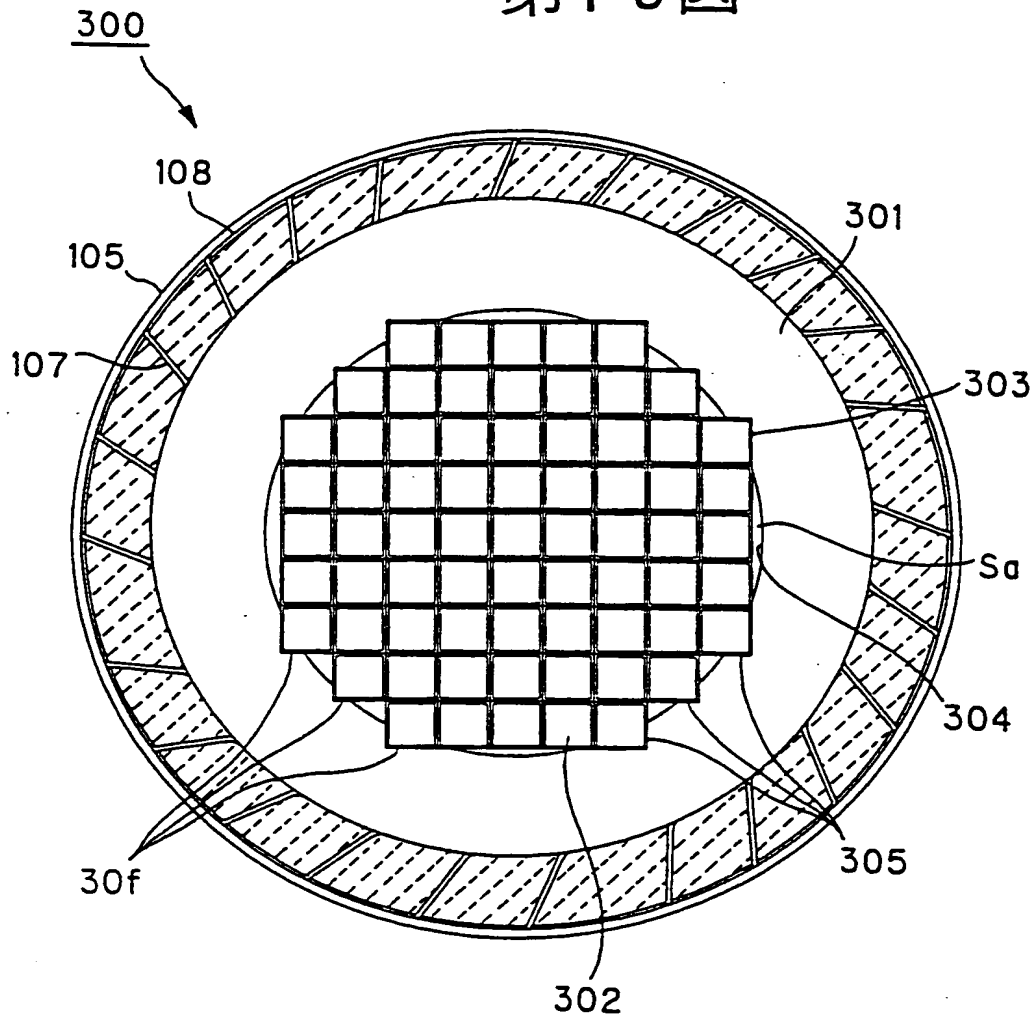
第11図



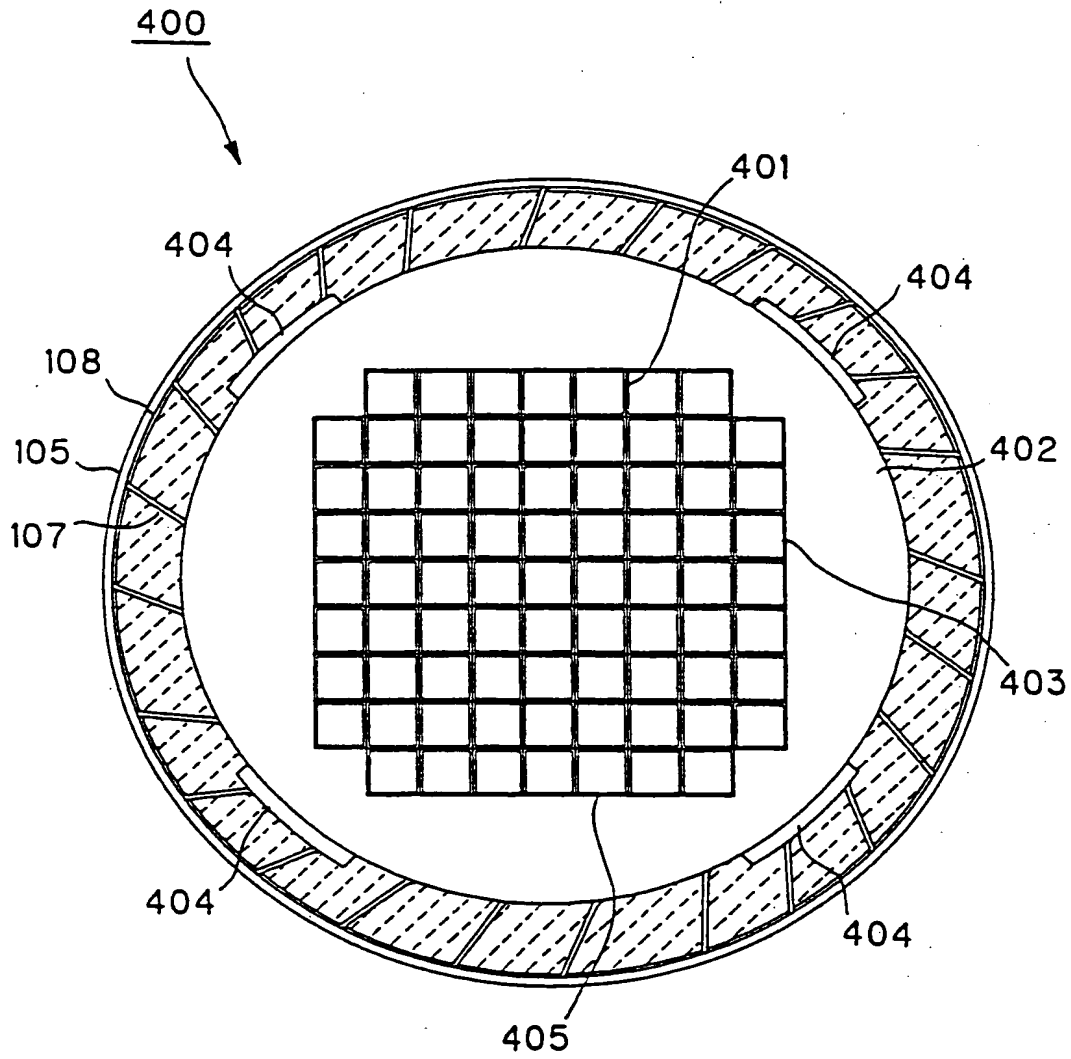
第12図



第13図

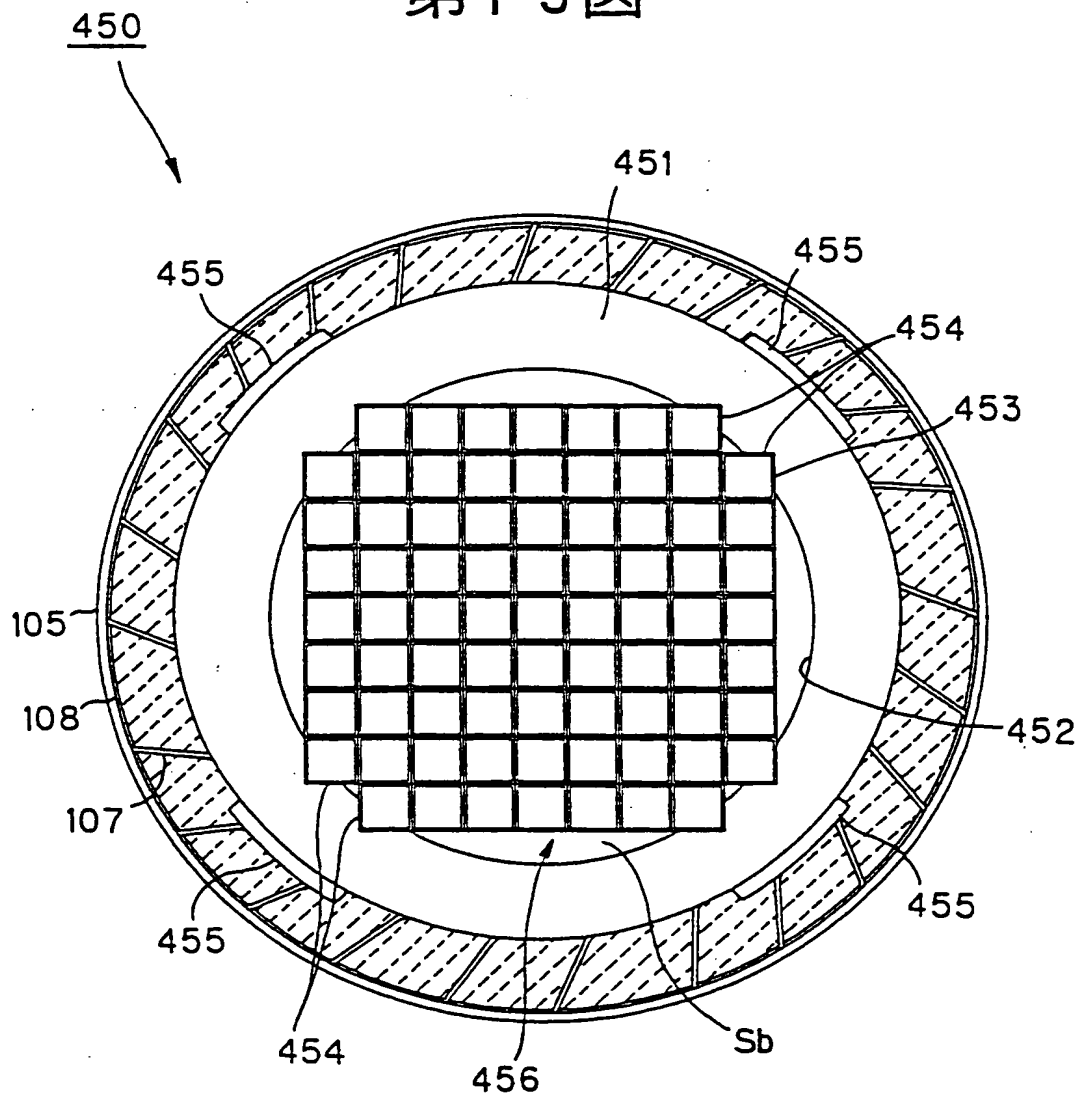


第14図

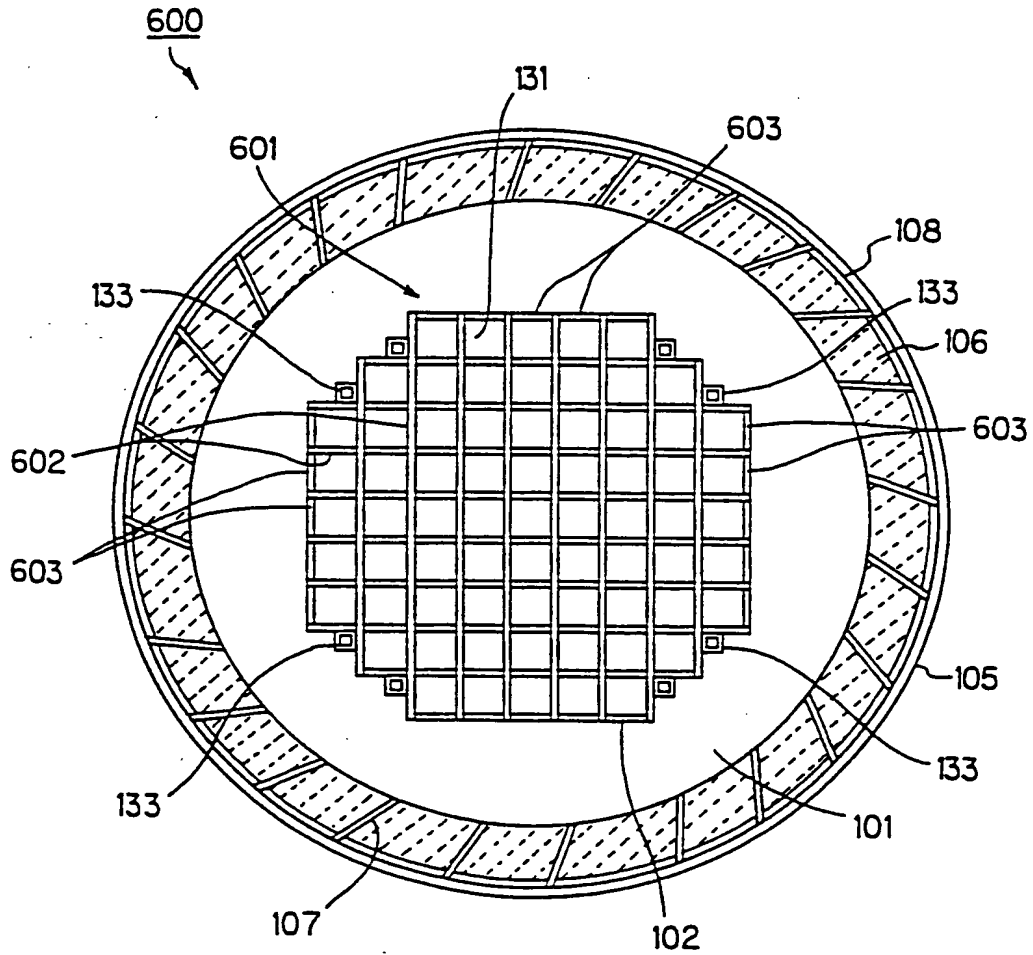


15/20

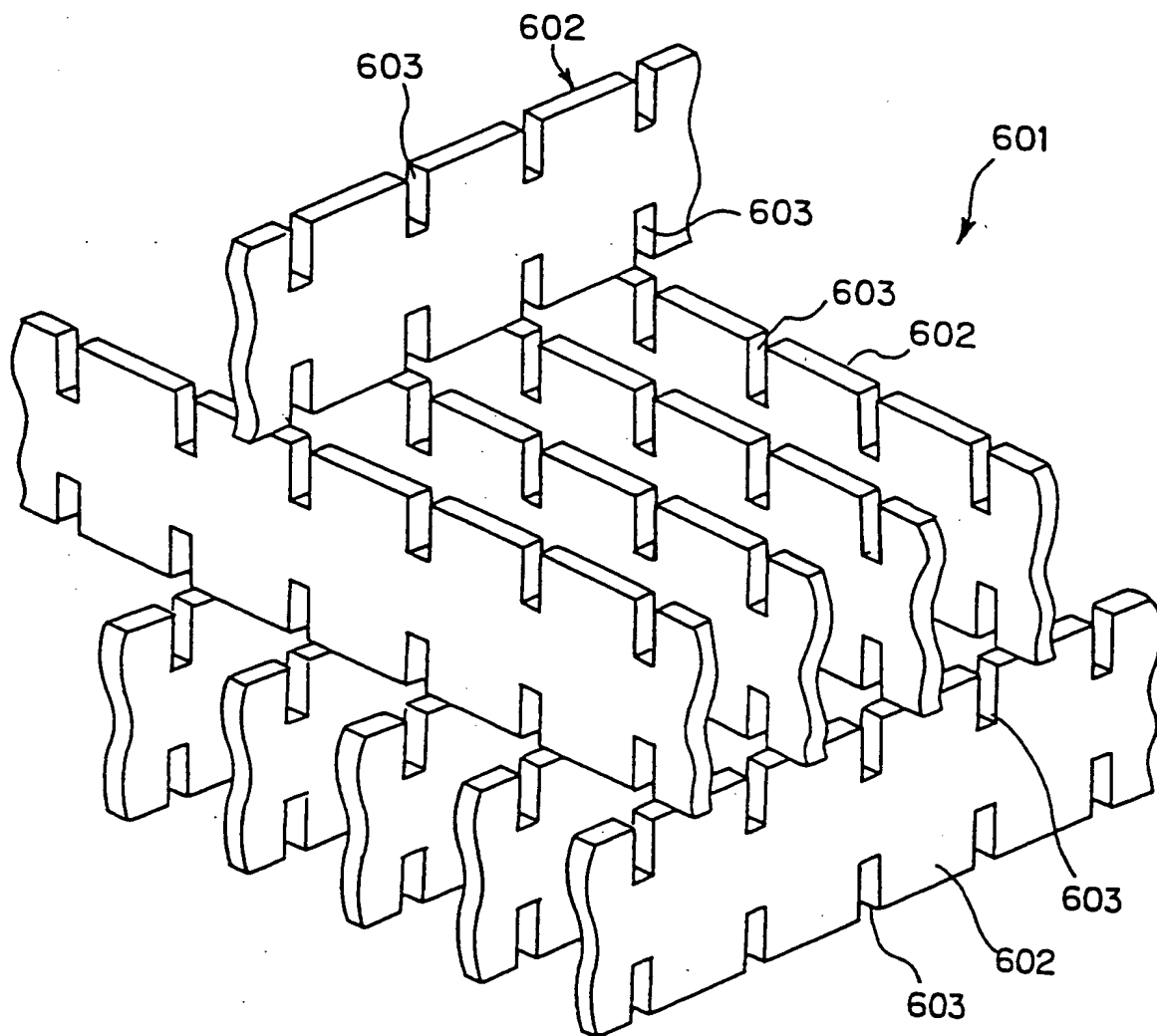
第15図



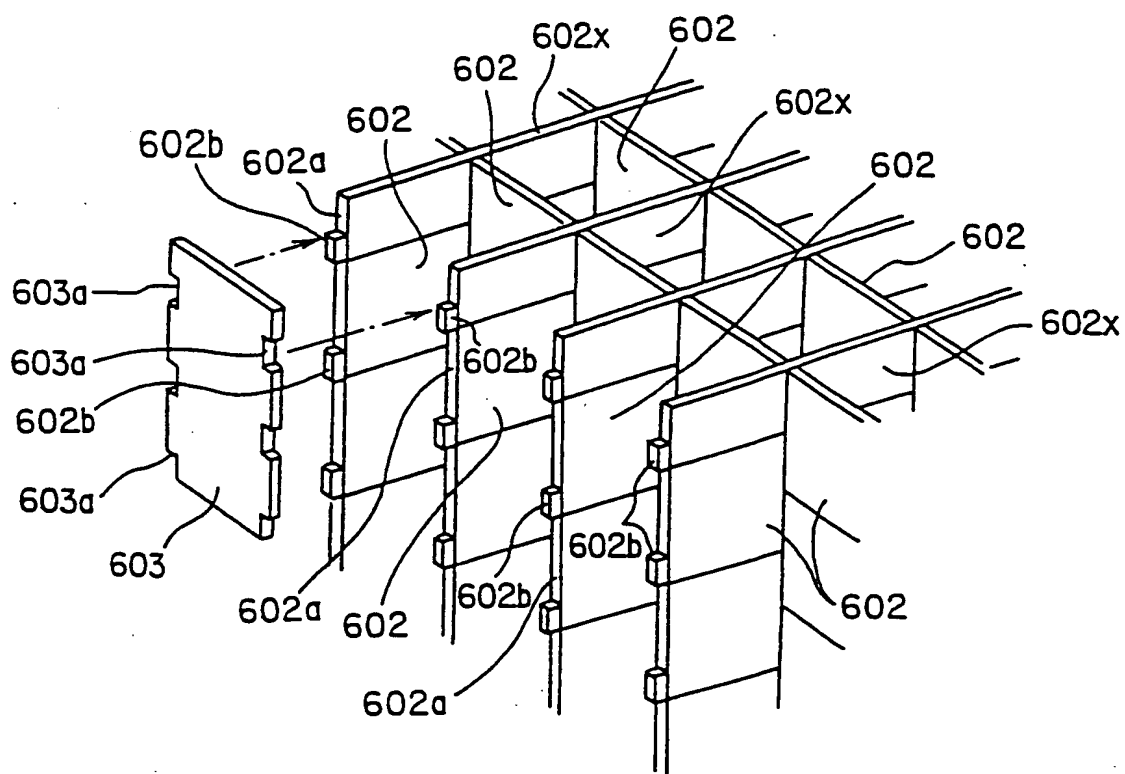
第16図



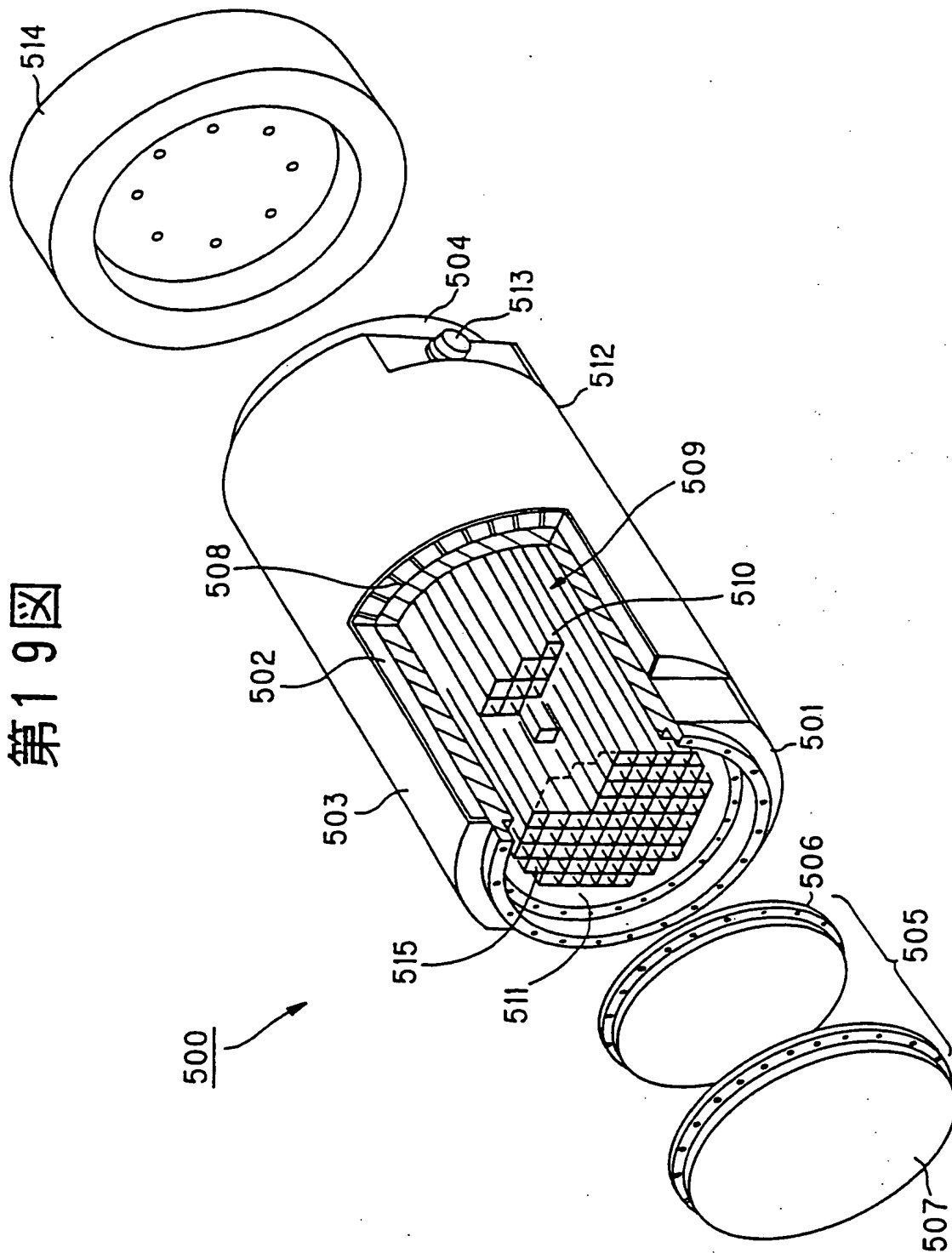
第17図



第18図

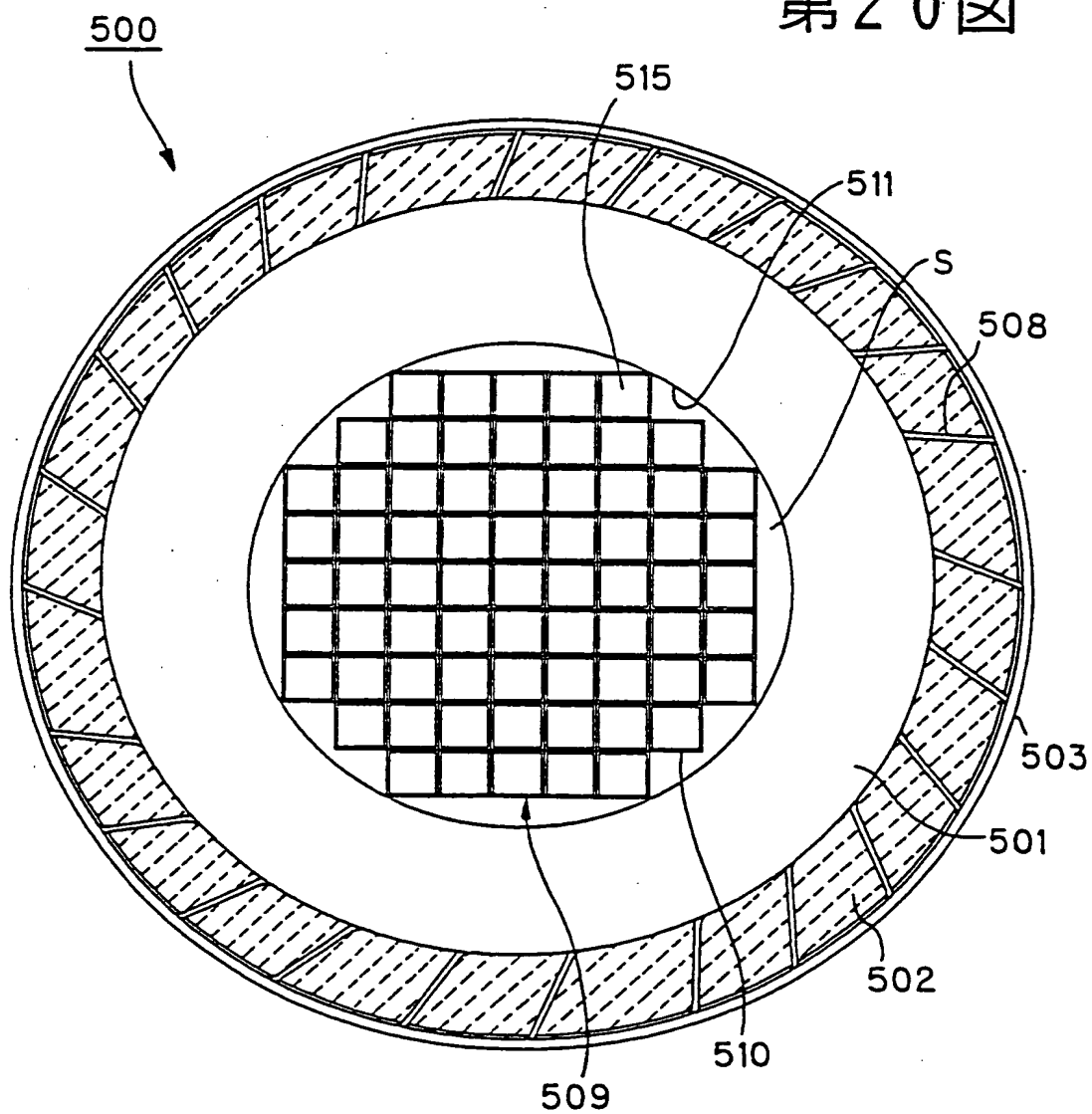


第19図



20/20

第20図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/05980

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ G21F5/00, G21C19/06, G21C19/32		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ G21F5/00, G21C19/06, G21C19/32		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 4-357498, A (Westinghouse Electric Corporation), 10 December, 1992 (10.12.92), Full text; Figs. 1 to 8 & US, 5063299, A	9, 10 11-13
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.21465/1989 (Laid-open No.113200/1990) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 11 September, 1990 (11.09.90), Full text; Figs. 2, 8 (Family: none)	11-13
A	JP, 9-159796, A (Hitachi Zosen Corporation), 20 June, 1997 (20.06.97), Full text; Figs. 1 to 11 (Family: none)	1-13
A	WO, 95/26029, A (TRANSNUCLEAIRE), 28 September, 1995 (28.09.95), Full text; Figs. 1, 2 & JP, 9-510545, A & EP, 752150, A & KR, 97700921, A & US, 5844245, A	1-13
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search 12 September, 2000 (12.09.00)	Date of mailing of the international search report 26 September, 2000 (26.09.00)	
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.	

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO0/05980

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G21F5/00, G21C19/06, G21C19/32

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G21F5/00, G21C19/06, G21C19/32

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1940-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP, 4-357498, A (ウエスチングハウス・エレクトリック・コーポレーション) 10. 12月. 1992 (10. 12. 92) 全文, 第1-8図 & US, 5063299, A	9, 10 11-13
Y	日本国実用新案登録出願1-21465号 (日本国実用新案登録出願公開2-113200号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (三菱重工業株式会社) 11. 9月. 1990 (11. 09. 90) 全文, 第2, 8図 (ファミリーなし)	11-13

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12. 09. 00

国際調査報告の発送日

26.09.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

村田 尚 英 印

2T 8117

電話番号 03-3581-1101 内線 6619

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 9-159796, A (日立造船株式会社) 20. 6月. 1997 (20. 06. 97) 全文, 第1-11図 (ファミリーなし)	1-13
A	WO, 95/26029, A (TRANSNUCLEAIRE) 28. 9月. 1995 (28. 09. 95) 全文, 第1, 2図 & JP, 9-510545, A & EP, 752150, A & KR, 97700921, A & US, 5844245, A	1-13
A	日本国実用新案登録出願60-87674号 (日本国実用新案登録 出願公開61-203398号) の願書に添付した明細書及び図面 の内容を撮影したマイクロフィルム (日立造船株式会社) 20. 12月. 1986 (20. 12. 86) 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1-13